

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Novita *et al.* (2012), meneliti tentang pengaruh gelombang mikro untuk pengambilan minyak atsiri dari daun nilam. Penelitian yang digunakan dengan 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. 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*.

Wildan *et al.* (2013), membandingkan metode *steam distillation* dan *steam-hydro distillation* dengan microwave terhadap jumlah rendemen serta mutu minyak daun cengkeh. Dari hasil penelitian diperoleh pengambilan minyak cengkeh dengan menggunakan *steam hydro distillation* dengan microwave menghasilkan rendemen lebih banyak 0,07% sampai 1,77% daripada menggunakan *steam distillation* untuk daun cengkeh utuh dan 0,03% sampai 1,96% untuk daun cengkeh cacah. Waktu maksimal untuk metode *steam distillation* adalah 6 jam sedangkan untuk metode *steam hydro distillation* dengan *microwave* adalah 2,5 jam.

Farhat *et al.* (2009), meneliti tentang penggunaan gelombang mikro untuk distilasi minyak esensial dengan membandingkannya dengan metode distilasi uap secara konvensional. Tujuan dari penelitiannya adalah untuk memastikan 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 60 g/min. Sedangkan efisiensi paling tinggi untuk proses ekstraksi

menggunakan *microwave* adalah pada kondisi aliran massa uap sebesar 25 g/min dan daya *microwave* sebesar 200 Watt.

Prakash *et al.* (2013), meneliti tentang optimasi penggunaan *microwave* untuk mengekstraksi pectin dari kulit buah jeruk. Kesimpulan yang didapat adalah 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%.

2.2 Minyak Atsiri

Minyak atsiri atau yang dikenal juga dengan nama minyak eteris (*essential oil*) atau minyak yang mudah menguap (*volatil oil*). Minyak atsiri diperoleh dari akar, batang, daun, dan bunga tanaman. Bahan baku minyak atsiri antara lain adalah tanaman nilam, daun cengkeh, bunga melati, bunga mawar, bunga kenanga, dan lain lain.

Minyak atsiri dalam dunia industri digunakan untuk industri kosmetik dan industri farmasi. Di Indonesia, umumnya minyak atsiri dihasilkan oleh sentra-sentra industri kecil, seperti yang ada di daerah Malang Selatan, Trenggalek, Ponorogo, dan Pacitan Jawa Timur. Berikut ini adalah peta industri minyak atsiri di Indonesia menurut Indesco Aromatis.



Gambar 2.1 Peta Industri Minyak Atsiri
 Sumber : Indesco Aromatis

Minyak atsiri merupakan komoditi ekspor Indonesia yang dapat menghasilkan devisa bagi negara setiap tahunnya. Minyak atsiri merupakan komoditi ekspor yang sangat potensial karena jumlah permintaan masih jauh lebih tinggi daripada kapasitas ekspor. Berdasarkan hasil laporan dari *Marlet Study Essential Oils and Oleoresin (ITC)*, bahwa produksi minyak atsiri dunia mencapai 500-550 ton per tahun. Indonesia adalah salah satu negara pengekspor minyak atsiri terbesar sekitar 450 ton per tahun dibandingkan dengan Cina yang hanya sekitar 50-80 ton per tahun. Produk atsiri dunia yang didominasi Indonesia meliputi nilam, serai wangi, minyak daun cengkeh, mawar, dan kamboja.

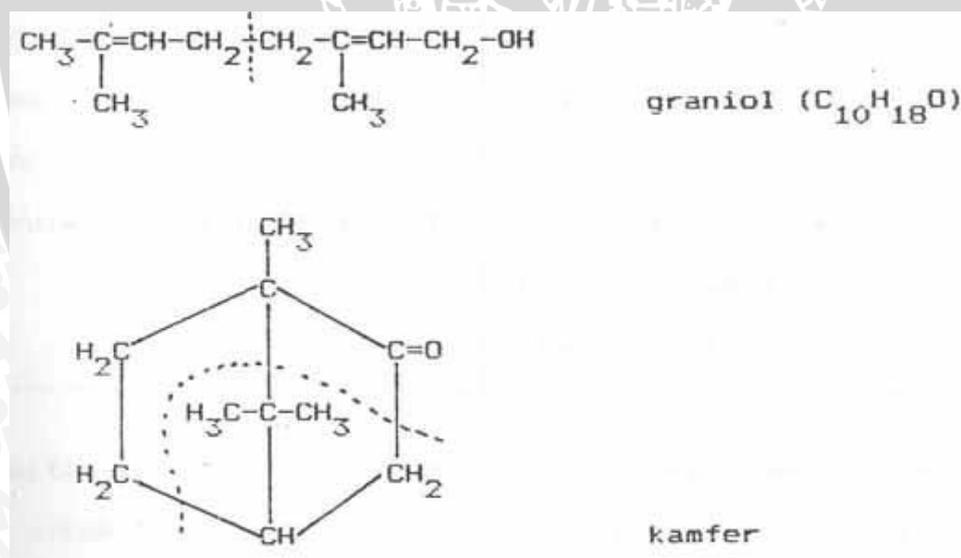
Tabel 2.1 Jenis Minyak Atsiri

<i>Sectors</i>	<i>Segments</i>	<i>Essential Oils</i>
<i>Cosmetics Industry</i>	<i>Personal care Soap and detergent Dental care</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lemon</i> • <i>Peppermint</i> • <i>Orange</i> • <i>Patchouli (Nilam)</i> • <i>Rosewood</i> • <i>Mint</i> • <i>Spice</i> • <i>Eucalyptus</i>
<i>Food industry</i>	<i>Soft drink Confectionary Tobacco Candy Processed and canned food products</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Citrus</i> • <i>Spice oleoresins</i> • <i>Vanilla</i> • <i>Flavour</i> • <i>Oleoresins</i>
<i>Pharmaceutical industry</i>	<i>Homeopathy Health care products Aromatherapy</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Orange</i> • <i>Citrus</i> • <i>Patchouli (Nilam)</i> • <i>Lavender</i>

Sumber : *Bio Trade Facilitation Programme, 2005*

Tabel 2.1 adalah pengelompokan dari penggunaan beberapa jenis minyak atsiri di tiga kelompok besar industri di Eropa menurut *Bio Trade Facilitation Programme, 2005*.

Minyak atsiri umumnya terdiri dari berbagai campuran senyawa kimia yang terbentuk dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) serta beberapa senyawa kimia yang mengandung unsur nitrogen (N) dan belerang (S). Umumnya komponen kimia dalam minyak atsiri terdiri dari campuran hidrokarbon dan turunannya yang mengandung oksigen yang disebut dengan terpen atau terpenoid. Terpen merupakan persenyawaan hidrokarbon tidak jenuh dan satuan terkecil dalam molekulnya disebut isopren (C_5H_8). Senyawa terpen mempunyai rangka karbon yang terdiri dari dua atau lebih satuan isopren. Klasifikasi dari terpen didasarkan atas jumlah satuan isopren yang terdapat dalam molekulnya yaitu : monoterpen, seskuiterpen, diterpen, triterpen, tetraterpen, dan politerpen yang masing-masing terdiri dari 2, 3, 4, 6, 8 dan n satuan isopren (Finar, 1959). Rantai molekul terpen dalam minyak atsiri merupakan rantai terbuka (terpen alifatis) dan rantai melingkar (terpen siklis) seperti gambar 2.3.



Gambar 2.2. Struktur Rantai Molekul pada Minyak Atsiri
Sumber : Rumondang, 2004

2.3 Minyak Nilam

Nilam (*Pogostemon cablin benth*) merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat menghasilkan minyak atsiri dan sudah lama dikenal oleh masyarakat Indonesia yaitu sebagai pengharum pakaian. Tanaman nilam (*Pogostemon cablin Benth.*) termasuk tanaman penghasil minyak atsiri yang merupakan komoditi yang banyak dibutuhkan di industri farmasi, parfum dan aroma terapi. Tanaman nilam berasal dari daerah tropis Asia Tenggara terutama Indonesia, Filipina dan India, daerah Amerika Selatan dan China. Tanaman nilam dapat tumbuh subur pada tanah yang gembur dan banyak mengandung bahan organik.

Di Indonesia terdapat tiga jenis nilam, yaitu nilam aceh (*P. cablin Benth.*), nilam jawa (*P. heyneanus*) dan nilam kembang atau nilam sabun (*P. hortensis* Backer). 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).

Minyak nilam diperoleh dengan cara distilasi air dan uap daun nilam, dalam perdagangan disebut *patchouli oil*. Kata *patchouli* berasal dari kata "*pacholi*" yaitu nama sejenis tanaman yang banyak terdapat di tanah Hindustan. Pada mulanya tanaman nilam dipakai sebagai pewangi selendang oleh orang India, karena baunya yang khas (Guenther, 1980). Nilam adalah jenis tanaman semak tropis penghasil sejenis minyak atsiri yang dinamakan sama yaitu minyak nilam. 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 dan proses pembiakan biasanya dilakukan secara vegetatif.

Dalam perdagangan internasional, minyak nilam dikenal sebagai minyak *patchouli* dari bahasa Tamil *patchai* (hijau) dan *ellai* (daun), karena minyaknya disuling dari daun. Aroma minyak nilam dikenal "berat" dan "kuat" dan telah berabad-abad digunakan sebagai wangi-wangian (parfum) dan bahan dupa atau setinggi pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi

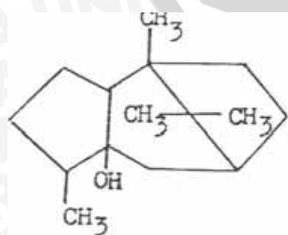
dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya. Standar mutu minyak nilam belum seragam untuk seluruh dunia, karena setiap negara penghasil dan pengimpor menentukan standar mutu minyak nilam sendiri, misalnya standar mutu minyak nilam dari Indonesia (SNI- 06-2385-2006) dengan mutu minyak nilam seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Syarat Mutu Minyak Nilam Indonesia Berdasarkan SNI- 06-2385-2006

No	Jenis Uji	Satuan	Syarat
1	Warna	-	Kuning muda – coklat kemerahan
2	Berat Jenis 25°C/25 °C	Gram/ml	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	Derajat (°)	(-)48° – (-)65°
8.	Patchouli alcohol (C ₁₅ H ₂₆ O)	%	Min. 30
9	Alpha copaene (C ₁₅ H ₂₄)	%	Maximum 0,5
10	Kandungan besi (Fe)	mg/kg	Maximum 25

Patchouli alkohol merupakan seskuiterpen alkohol dapat diisolasi dari minyak nilam. Tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam alkohol, eter atau pelarut organik yang lain. Titik didihnya 140°C pada tekanan 8 mmHg. *Patchouli* alkohol disebut juga *patchouli camphor* atau oktahidro-4, 8a, 9,9-tetrametil-1,6-metanonaftalen, mempunyai berat molekul 222,36 dengan rumus molekul C₁₂H₂₆O.

Struktur patchouli alkohol menurut W.Treibs (1949) adalah:



Gambar 2.3 Struktur Rantai Molekul Patchouli Alkohol
Sumber : K. Husnu Can dan Buchbaeur, 2010

2.4 Distilasi

Distilasi adalah pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing zat tersebut (Stephen Miall, 1940). Destilasi merupakan perubahan cairan menjadi uap dan uap tersebut didinginkan kembali menjadi cairan. Fasa uap terbentuk dari fasa cair melalui penguapan (evaporasi) pada titik didihnya (Geankoplis, 1983).

Perbedaan sifat campuran suatu fase dengan campuran dua fase dapat dibedakan secara jelas jika suatu cairan menguap, terutama dalam keadaan mendidih. Sebagai contoh adalah cairan murni di dalam tempat yang tertutup. Pada suhu tertentu molekul cairan-cairan tersebut memiliki energi tertentu dan bergerak bebas secara tetap dan dengan kecepatan tertentu. Tetapi setiap molekul dalam cairan hanya bergerak pada jarak pendek sebelum dipengaruhi oleh molekul-molekul lain, sehingga arah gerakannya diubah. Namun setiap molekul pada lapisan permukaan yang bergerak ke arah atas akan meninggalkan permukaan cairan dan menjadi molekul uap. Molekul-molekul uap tersebut akan tetap berada dalam gerakan yang konstan dan kecepatan molekul-molekul tersebut dipengaruhi oleh suhu pada saat itu (Guenther, 1987).

Menurut Ketaren (1985), ada tiga cara penyulingan daun nilam yaitu :

- a. Distilasi air (*water distillation/hydrodistillation*).
- b. Distilasi air dan uap (*water and steam distillation*).
- c. Distilasi uap (*direct steam distillation*).

2.4.1 Distilasi air (*water distillation/hydro distillation*)

Distilasi air merupakan proses paling sederhana dan tertua untuk memperoleh minyak esensial dari tanaman. Distilasi air berbeda dengan distilasi uap terutama pada bahan tanaman yang hampir seluruhnya terendam air pelarut. Pada metode ini, bahan yang akan disuling dikontakkan langsung dengan air mendidih. Bahan tersebut mengapung di atas air atau terendam secara sempurna tergantung dari berat jenis dan jumlah bahan yang disuling. Air dipanaskan dengan metode pemanasan yang biasa dilakukan, yaitu dengan panas langsung

(Guenther,1987). Salah satu faktor penting dalam distilasi air adalah air dalam tangki harus selalu dalam jumlah yang cukup selama proses distilasi untuk mencegah *overheat* dan rusaknya bahan tanaman.

Prinsip kerja distilasi air adalah sebagai berikut : ketel penyulingan diisi air sampai volumenya hampir separuh, lalu dipanaskan. Sebelum mendidih (100°C , 1 atm) bahan baku dimasukkan ke dalam ketel penyulingan. Dengan demikian penguapan air dan minyak atsiri berlangsung bersamaan. Kemudian uap yang dihasilkan dialirkan melalui kondensor dan minyak nilam yang dihasilkan ditampung dalam tempat penampung. Cara penyulingan seperti ini disebut penyulingan langsung (*direct distillation*). Bahan baku yang digunakan biasanya dari bunga atau daun yang mudah bergerak di dalam air. Penyulingan secara sederhana ini sangat mudah dilakukan dan tidak perlu modal banyak. Namun kadar minyaknya sedikit.

2.4.2 Distilasi air dan uap (*water and steam distillation*)

Untuk mengeliminasi kelemahan metode distilasi air maka dibuatlah distilasi air dan uap (*water and steam distillation*). Penyulingan minyak atsiri dengan cara ini memang sedikit lebih modern dan produksi minyaknya pun relatif lebih baik daripada metode distilasi air (*water distillation*). Pada proses penyulingan ini bahan diletakkan di atas rak-rak atau saringan berlubang. Ketel suling diisi dengan air sampai permukaan air berada tidak jauh di bawah saringan. Air dapat dipanaskan dengan berbagai cara yaitu dengan uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah (Guenther, 1987). Kecepatan difusi uap melalui bahan baku dan keluarnya minyak dari sel kelenjar minyak ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Kepadatan bahan dalam ketel penyulingan
- b. Temperatur dan tekanan uap
- c. Berat jenis dan kadar air bahan
- d. Berat molekul dari komponen kimia dalam minyak

Keuntungan dengan menggunakan sistim penyulingan tersebut adalah karena uap berpenetrasi secara merata ke dalam jaringan bahan dapat dipertahankan sampai 100°C . Lama penyulingan relatif lebih singkat, rendemen

minyak lebih besar dan mutunya lebih baik jika dibandingkan dengan minyak hasil dari sistem penyulingan dengan air.

2.4.3 Distilasi Uap (*Steam Distillation*)

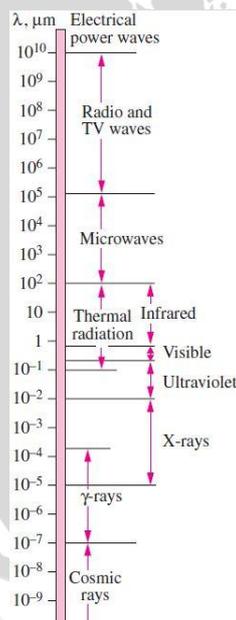
Pada metode *steam distillation*, bahan tanaman didistilasi dengan uap yang dihasilkan dari luar tangki dalam generator uap atau *boiler*. Uap yang digunakan adalah uap jenuh atau *superheated steam* pada tekanan lebih dari 1 atm. Uap dialirkan melalui pipa yang terletak di bawah bahan, dan uap bergerak ke atas melalui bahan yang terletak di atas saringan (Guenther, 1987). Penggunaan uap bertekanan tinggi dalam unit distilasi uap modern menjadikan distilasi minyak esensial jauh lebih cepat dan lengkap. Distilasi uap merupakan metode yang lebih efisien dalam memperoleh minyak yang memiliki titik didih yang tinggi dan bahan yang keras seperti akar dan kayu, misalnya cendana, *cedarwood*, dan *nagarmotha*. Distilasi uap juga mengurangi waktu yang diperlukan untuk ekstraksi minyak esensial. Selain itu biaya bahan bakar juga lebih rendah karena efisiensi suhu yang lebih tinggi.

Minyak atsiri umumnya diperoleh dengan cara distilasi uap dari bagian tanaman yang mengandung minyak atsiri, dimana metode yang digunakan tergantung pada apakah bagian tanaman yang akan diambil minyak atsirinya tersebut masih segar atau kering. Jika bagian tanaman yang digunakan sudah dikeringkan (contohnya kayu manis, cengkeh) diperlukan air untuk membasahi dan kemudian uap dilewatkan pada campuran yang dibasahi. Karena minyak atsiri dapat rusak dengan pemanasan langsung, uap dilewatkan ke dalam *container* yang memuat obat. Lapisan minyak dari destilat yang terkondensasi dipisahkan dari lapisan akuosa, dan kemudian minyak ini dapat langsung dipasarkan dengan atau tanpa pemrosesan lebih lanjut.

Untuk bagian tanaman yang masih segar (contohnya *peppermint*, *spearmint*), bahan dipanen dan dimasukkan langsung ke dalam *distilling chamber*. Karena bahan masih segar dan memiliki kelembaban atau kadar air, sehingga tidak diperlukan pembasahan. Uap yang dilewatkan pada bahan segar membawa tetesan minyak ke dalam *condensing chamber*.

2.5 Gelombang Mikro

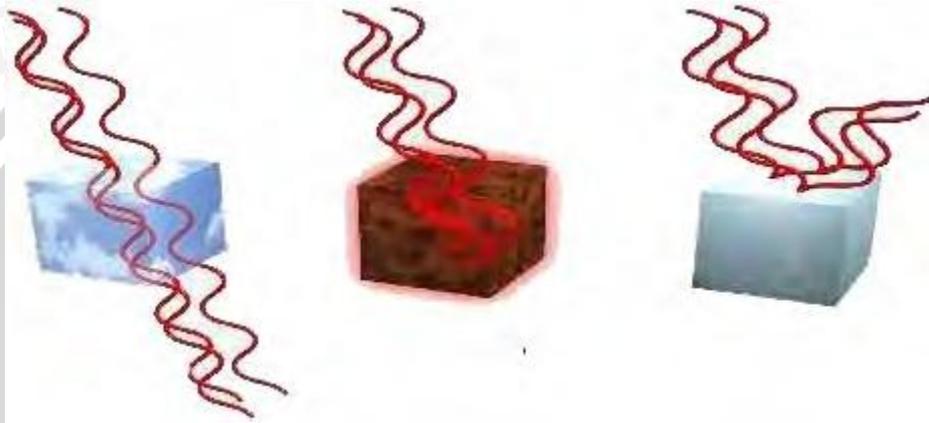
Gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 1.0 cm – 1.0 m dan frekuensi antara 0.3-30 GHz (Taylor, 2005). Menurut Ramanadhan (2005), Gelombang elektromagnetik merupakan energi listrik dan magnet yang bergerak bolak-balik (*oscillate*) dan menghasilkan gelombang yang harmonis. Capson (1975), menyatakan bahwa frekuensi gelombang mikro mempunyai kesamaan dengan gelombang pada radar dan telekomunikasi, maka pada tahun 1859 di Genewa, *Federal Communications and International Radio Regulation* menyetujui empat frekuensi gelombang mikro untuk digunakan dalam industri, sains, kedokteran dan aplikasi lainnya, yaitu 915 ± 25 , 2450 ± 13 , 5800 ± 75 , dan 1250 ± 125 MHz. Diantara frekuensi-frekuensi tersebut yang paling banyak digunakan untuk tungku gelombang mikro (*microwave oven*) 2.45 GHz yaitu pada panjang gelombang 12.25 cm. Sumber tenaga bagi *microwave oven* adalah megnetron. Pada frekuensi 2.45 GHz, magnetron bisa menghasilkan daya antara 500-2000 W, bahkan dapat mencapai tingkat maksimum 6-10 kW.



Gambar 2.4 Spektrum Gelombang Elektromagnetik
Sumber : Cengel, 2003

Microwave oven dilengkapi dengan radiasi elektromagnetik dalam tungku oven tersebut yang dihasilkan oleh tabung microwave yang disebut magnetron.

Gelombang mikro yang berada pada jangkauan 10^2 - $10^5\mu\text{m}$ sangat cocok digunakan untuk memasak, selama gelombang mikro tersebut dipantulkan oleh logam, diteruskan oleh kaca atau plastik, dan diserap oleh molekul makanan (terutama air). Dengan demikian energi listrik dikonversikan menjadi radiasi pada microwave oven kadang menjadi bagian dari energi internal pada makanan tanpa melibatkan konduksi panas dan konveksi panas. Pada proses masak konvensional, ketahanan konduksi panas dan konveksi panas dapat memperlambat proses perpindahan panas yang berimbas pada proses pemanasan (Cengel, 2003)



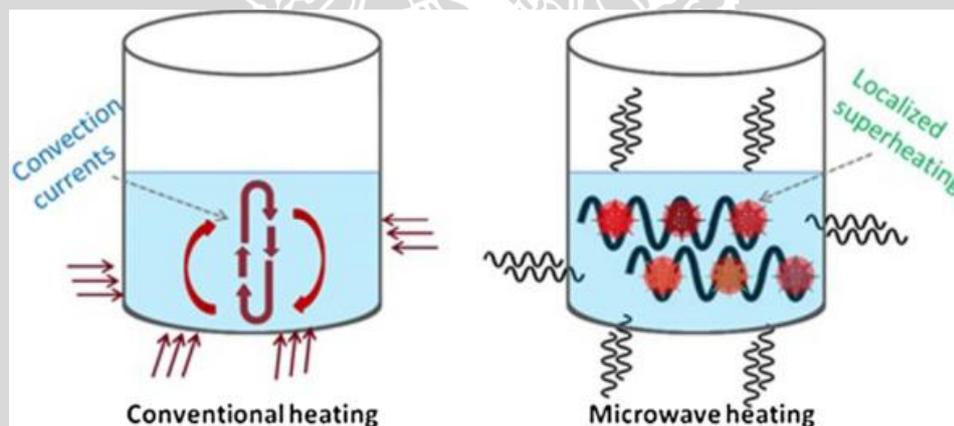
Gambar 2.5 Karakteristik Gelombang Mikro
Sumber : Taylor 2005

Setiap jenis bahan mempunyai respon yang berbeda-beda terhadap gelombang mikro. Tidak semua bahan cocok untuk digunakan dalam pemanasan gelombang mikro. Berdasarkan responnya terhadap gelombang mikro, bahan dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu konduktor, isolator, dan dielektrik. Konduktor bersifat memantulkan radiasi, isolator bersifat melewatkan radiasi dan hanya sedikit mengubah energi gelombang mikro, sedangkan bahan dielektrik bersifat menyerap radiasi dan mengubah sebagian energi gelombang mikro menjadi energi panas (Taylor, 2005). Menurut Soesanto (2007), penggunaan energi gelombang mikro pada *microwave* termasuk mekanisme perpindahan panas secara radiasi. Radiasi merupakan perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya, tanpa adanya kontak fisik, melalui gerakan gelombang. Menurut Taylor (2005), mekanisme dasar dari pemanasan gelombang mikro disebabkan adanya agitasi molekul-molekul polar atau ion-ion yang bergerak (*oscillate*) karena adanya gerakan medan magnetik atau elektrik. Adanya gerakan medan magnetik

dan elektrik menyebabkan partikel-partikel mencoba untuk berorientasi atau mensejajarkan dengan medan tersebut. Pergerakan partikel-partikel tersebut dibatasi oleh gaya pembatas (interaksi partikel dan ketahanan dielektrik). Hal ini menyebabkan gerakan partikel tertahan dan membangkitkan gerakan acak sehingga menghasilkan panas. Radiasi gelombang mikro berbeda dengan metode pemanasan konvensional. Radiasi gelombang mikro memberikan pemanasan yang merata pada campuran reaksi. Pada pemanasan konvensional dinding *oil bath* atau *heating mantle* dipanaskan terlebih dahulu, kemudian pelarutnya. Akibat distribusi panas seperti ini selalu terjadi perbedaan suhu antara dinding dan pelarut (Taylor, 2005).

2.5.1 Mekanisme Pemanasan Gelombang Mikro

Mekanisme pemanasan menggunakan gelombang mikro atau mekanisme perpindahan panas gelombang mikro cukup kompleks. Metode pemanasan gelombang mikro dapat kita lihat pada gambar berikut.



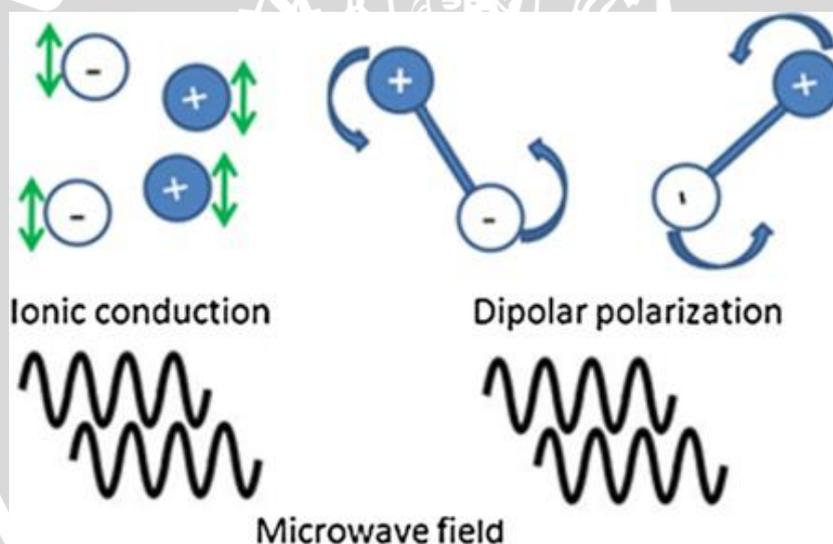
Gambar 2.6 Mekanisme Pemanasan Konvensional dan Pemanasan Menggunakan Gelombang Mikro
Sumber : Veera Gnaneswar Gude .,et al (2013)

Pada gambar 2.6 adalah gambar ilustrasi yang membandingkan metode pemanasan konvensional dengan metode pemanasan menggunakan gelombang mikro. Pada metode pemanasan konvensional, perpindahan panas terjadi mulai dari titik terluar wadah kemudian diikuti pemanasan pada bagian cairan yang ada di dalam gelas. Efek pemanasan konvensional heterogen dan 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. (Veera Gnaneswar Gude, *et al* 2013)

Pemanasan menggunakan gelombang mikro mempunyai beberapa keuntungan, seperti tanpa pemanasan dengan 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 (Veera Gnaneswar Gude, *et al* 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 yang ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Ionic Conduction dan Dipolar Polarization pada Material
Sumber : Veera Gnaneswar Gude *.,et al* (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 (Veera Gnaneswar Gude *.,et al* 2013)

2.6 Rendemen

Pada industri penyulingan minyak nilam, pengertian rendemen adalah perbandingan berat minyak nilam yang dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan, secara umum dalam satuan persen. Nilai rendemen dapat digunakan sebagai kriteria keberhasilan proses produksi, sebagai dasar perhitungan biaya produksi.

Tinggi rendahnya rendemen dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi rendemen minyak nilam antara lain: jenis tanaman, umur tanaman, waktu panen, perubahan bentuk daun, perlakuan pendahuluan sebelum penyulingan, dan teknik penyulingan (metode uap, metode air dan metode uap air), tekanan dalam drum penyulingan dan besarnya energi untuk perebusan (Herlina et al, 2005).

Rumus untuk mendapatkan nilai rendemen adalah 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)

2.7 Hipotesis

Semakin tinggi daya pada tungku gelombang mikro maka kebutuhan energi ekstraksi akan semakin tinggi dan rendemen minyak nilam akan semakin meningkat.