

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 bahwa dengan penambahan pelarut menyebabkan nilai rendemen dari minyak atsiri yang dihasilkan lebih besar daripada dengan penggunaan penambahan *steam* pada kedua tipe daun nilam yaitu daun nilam tanpa dicacah (masih utuh) maupun daun nilam yang telah dicacah, 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*.

Huda, *et al.* (2014), meneliti tentang pengaruh variasi daya *microwave* terhadap volume dan waktu minyak nilam yang dihasilkan dengan metode *microwave distillation*. Dan di dapat bahwa dengan meningkatnya daya *microwave* dengan metode *microwave assisted hydrodistillation* menyebabkan nilai rendemen dari minyak nilam ikut meningkat. Penggunaan *microwave assisted hydrodistillation* menghasilkan rendemen berturut-turut pada daya 140 Watt menghasilkan rendemen minyak nilam sebesar 0 %, daya 280 Watt sebesar 1.33%, daya 420 Watt sebesar 2.375%, daya 560 Watt sebesar 2.85% dan pada daya 700 Watt dihasilkan rendemen sebesar 3.8%.

Hafidz, *et al.* (2014) meneliti tentang peningkatan rendemen minyak atsiri dengan *microwave steam distillation* pada tekanan atmosfer menggunakan variasi berbagai tingkat daya radiasi. Kesimpulan yang di dapat adalah semakin meningkatnya daya *microwave steam distillation* maka kenaikan temperatur akan semakin cepat dan rendemen minyak nilam akan semakin meningkat tapi waktu distilasi yang dibutuhkan akan semakin singkat.

2.2 Minyak Atsiri

Minyak atsiri adalah minyak yang dihasilkan dengan cara memisahkan sel minyak yang terkandung dalam daun, batang atau akar tanaman dengan proses distilasi

(penyulingan). Minyak ini disebut juga mudah menguap (*volatile*), karena pada suhu biasa (suhu kamar) mudah menguap di udara terbuka. Minyak atsiri berwarna bening tidak berwarna, tetapi jika didiamkan akan berwarna kekuningan atau kecoklatan dan mengental. Minyak atsiri sudah banyak diproduksi di negara–negara maju dunia, di bawah ini adalah negara yang memproduksi minyak atsiri menurut *Perfumer & Flavorist*, 2009. A preliminary report on the world production of some selected essential oils and countries, Vol. 34, Januari 2009.

Tabel 2.1 Produksi Minyak Atsiri pada Tahun 2008

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

Minyak atsiri dalam dunia industri digunakan untuk industri kosmetik dan industri farmasi. Di Indonesia, umumnya minyak atsiri dihasilkan oleh sentra-sentra indutsri 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 di Indonesia
Sumber : *Indesco Aromatis*

Produk atsiri dunia yang didominasi Indonesia meliputi nilam, serai wangi, minyak daun cengkeh, mawar, kamboja, dan kenanga. Di antara berbagai jenis minyak atsiri yang ada di Indonesia minyak nilam adalah yang menjadi primadona. Di bawah ini adalah pengelompokan dari penggunaan beberapa jenis minyak atsiri di tiga kelompok besar industri di Eropa menurut *Bio Trade Facilitation Programme, 2005*.

Tabel 2.2 Jenis Minyak Atsiri

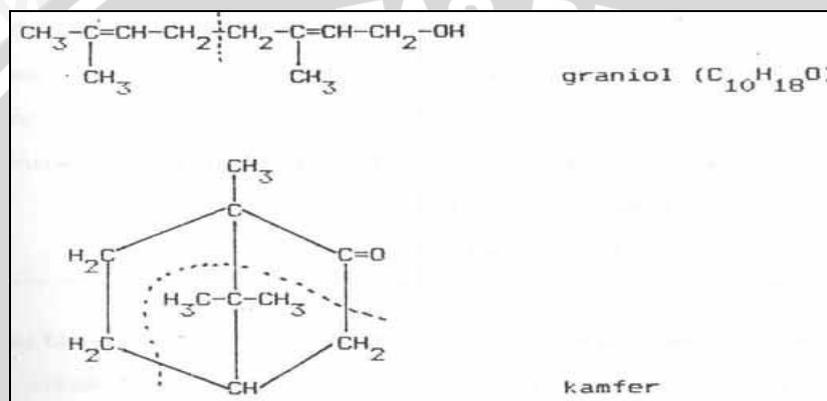
<i>Sectors</i>	<i>Segments</i>	<i>Essential Oils</i>
<i>Cosmetics Industry</i>	<i>Personal care</i> <i>Soap and detergent</i> <i>Dental care</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lemon</i> • <i>Peppermint</i> • <i>Orange</i> • <i>Patchouli (Nilam)</i> • <i>Rosewood</i> • <i>Mint</i> • <i>Spice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

Sumber : *Bio Trade Facilitation Programme*

2.2.1 Komposisi Kimia Minyak Atsiri

Minyak atsiri biasanya memiliki komposisi yang berbeda, perbedaan ini bergantung pada beberapa sebab antara lain seperti perbedaan jenis dari tanaman, umur panen

tanaman, kondisi atau iklim daerah penghasil tanaman serta metode yang digunakan dalam proses ekstraksi dari minyak atsiri. Unsur hidrogen (H), unsur karbon (C) dan unsur oksigen (O) serta campuran beberapa unsur penyusun senyawa kimia lain yang mengandung unsur nitrogen (N) dan belerang (S) adalah unsur penyusun senyawa kimia dari minyak atsiri (Ketaren, 1985). Minyak atsiri memiliki komponen utama, yaitu terpena dan turunan terpena yang mengandung unsur oksigen atau bisa disebut terpenoid. Komponen utama inilah yang menyebabkan tanaman penghasil minyak atsiri memiliki bau khas atau bau harum. Struktur molekul pada minyak atsiri bisa ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Molekul pada Minyak Atsiri
Sumber : Rumondang, (2004)

2.2.2 Manfaat Minyak Atsiri

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

1. Aromaterapi

Minyak atsiri memiliki efek menenangkan, karena minyak atsiri yang tercium oleh hidung akan berikatan dengan reseptor penangkap aroma. Setelah menerima aroma ini, reseptor akan mengirimkan sinyal ke otak yang nantinya akan mengatur emosi seseorang. Maka banyak minyak atsiri digunakan sebagai aromaterapi untuk menangani masalah psikis seseorang.

2. Pestisida

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

3. Bahan tambahan makanan

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

4. Wewangian

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

2.3 Minyak Nilam

Minyak nilam atau *patchouli oil* adalah salah satu minyak atsiri yang menjadi andalan ekspor dari Indonesia. Minyak nilam berasal dari tanaman nilam aceh (*Pogostemon cablin benth*). Saat ini Indonesia menjadi penyuplai 90% minyak nilam di seluruh dunia dan 70% berasal dari aceh. Selama ini minyak nilam dari Indonesia banyak di ekspor ke Singapura, Amerika Serikat, Perancis, Inggris, Jerman, India, dan Spanyol. Di Indonesia terdapat tiga jenis nilam yang dapat dibedakan menurut karakter morfologinya, kandungan PA (zat *patchouli alcohol*) serta ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Ketiga jenis nilam tersebut adalah 1). *P. cablin Benth. Syn. P. Pathcouli Pellet var. Suavis Hook* disebut nilam aceh, 2). *P. heyneanus Benth* disebut nilam jawa, dan 3). *P. Hortenis Becker* disebut nilam sabun. Guenther. (1952). Nilam aceh merupakan jenis nilam yang banyak dibudidayakan karena memiliki kadar minyak yang cukup tinggi yaitu > 2.5% (Nuryani & Hadipoentyanti, 1994). nilam jawa sendiri masih tetap dibudidayakan karena nilam jawa toleran pada nematoda dan sifat ini yang tidak dimiliki oleh nilam aceh meskipun kadar minyak nilam dari jenis nilam jawa hanya < 2%. Nuryani, et al. (2001a & 2001b).



Gambar 2.3 Daun Nilam Jawa
Sumber : Swasanti, (2013)

Minyak nilam di perdagangan internasional bisa disebut minyak *patchouli* yang diambil dari kata *patchai* dan *ellai* dalam bahasa Tamil yang berarti hijau dan daun, karena sel minyak umumnya berada pada bagian daun. Minyak nilam memiliki aroma yang cukup “kuat” sehingga dalam beberapa abad minyak nilam biasanya digunakan sebagai parfum (wangi-wangian) juga digunakan sebagai bahan pembuat dupa khususnya pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya. Minyak nilam masih memiliki standar mutu yang berbeda-beda pada setiap negara di seluruh dunia. Karena setiap Negara yang menghasilkan atau mengimpor minyak nilam bisa menentukan seberapa bagus atau kurangnya standar mutu untuk tiap minyak nilam. Namun dengan standar mutu yang beragam, minyak jenis nilam masih memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan minyak atsiri dari jenis lain. Untuk Negara Indonesia, standar mutu minyak nilam adalah (SNI- 06-2385-2006). Dengan mutu minyak nilam seperti pada tabel 2.3.

2.4 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan beberapa komponen berdasarkan perbedaan tekanan uap yang dimiliki oleh suatu campuran zat yang terdiri dari dua jenis cairan atau lebih (Stephen Miall, “*A New Dictionary of Chemistry*”, London, Longmans Green, 1940). Distilasi 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).

Distilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang digunakan untuk memisahkan zat-zat penyusun suatu campuran yang berupa larutan. Cara melakukan distilasi adalah dengan cara mendidihkan dan kemudian mendinginkan. Pertama campuran yang dipisahkan dipanaskan sampai titik didih zat yang akan dilakukan pemisahan. Karena zat yang akan dipisahkan mempunyai titik didih yang lebih rendah dari pada larutan, zat tersebut akan menguap lebih dahulu. Uap dari zat tersebut lalu didinginkan sehingga menjadi cairan yang diinginkan. Cara yang sudah sering dilakukan untuk merusak sel-sel daun adalah dengan mencacah dan mengeringkan daun sebelum proses distilasi, namun cara ini hanya merusak sel secara makro. Menurut penelitian, penurunan permeabilitas atau penyusutan jaringan terluar disebabkan oleh pengeringan yang dilakukan dengan cara konvensional, sehingga cairan dalam sel akan sukar untuk menguap atau berdifusi keluar (Tsuruta dan Hayashi, 2006).

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

- a. *Hydro distillation method* (metode distilasi dengan air).
- b. *Water and steam distillation method* (metode distilasi dengan air dan uap).
- c. *Direct steam distillation method* (metode distilasi dengan uap).

2.4.1 Metode distilasi air (*Hydro Distillation*)

Metode Distilasi air merupakan metode yang paling umum digunakan untuk produksi minyak atsiri khususnya dalam skala produksi yang tidak terlalu besar karena, penggunaan metode ini sangat sederhana, aman dan ekonomis. Pada metode distilasi air ini, tanaman yang akan diekstraksi akan direndam dan bercampur seluruhnya dengan pelarut berupa air yang mana air tersebut akan dipanaskan dengan metode pemanasan langsung sehingga tanaman akan ikut dipanaskan bersama air yang mendidih (Guenther, 1987). Beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam distilasi dengan metode *hydrodistillation* ini adalah kontrol terhadap pemanasan agar tidak terjadi *over heat*

yang dapat merusak bahan tanaman serta kontrol terhadap air dalam tangki yang harus tetap dalam volume yang cukup untuk proses distilasi.

Prinsip kerja distilasi air adalah sebagai berikut : ketel penyulingan diisi air sampai volumenya hampir separuh, lalu dipanaskan. Sebelum mendidih, 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 Penyulingan dengan Air dan Uap (*Water and Steam Distillation*)

Untuk mengurangi kelemahan metode distilasi air maka dikembangkan distilasi atau penyulingan dengan modifikasi penambahan uap sehingga disebut *water and steam distillation* atau penyulingan dengan air dan uap. Pada *water and steam distillation*, proses penyulingan dilakukan dengan penggunaan bejana yang pada bagian tengahnya diberi saringan atau skat berpori dimana tanaman yang akan diekstraksi diletakkan diatas saringan atau penahan berpori tersebut dan bejana tersebut diisi dengan air sampai permukaan air tidak terlalu jauh dari bagian bawah saringan. Kemudian air dapat dipanaskan sehingga uap jenuh yang basah dan bertekanan rendah ikut memanas tanaman ekstraksi (Guenther, 1987). Sedangkan beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi uap yang melewati bahan baku serta lepasnya sel minyak dari tanaman, antara lain:

- a. Kepadatan tanaman ekstraksi pada bejana penyulingan
- b. Temperatur serta tekanan yang digunakan
- c. Berat jenis tanaman ekstraksi dan kadar air yang dikandung
- d. Berat molekul kimia yang terkandung dalam minyak

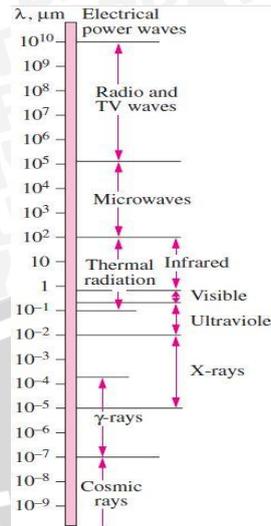
Beberapa keunggulan yang diperoleh pada penyulingan dengan metode *water and steam distillation* adalah pemanasan yang merata pada tanaman ekstraksi karena uap panas dapat dipertahankan pada suhu 100°C, waktu yang relatif lebih singkat dari pada penggunaan metode lain sehingga menghemat biaya untuk bahan bakar dan pengoperasian serta minyak yang dihasilkan lebih banyak daripada dengan penggunaan metode *hydrodistillation*.

2.4.3 Distilasi Uap (*Steam Distillation*)

Metode *steam distillation* adalah salah satu metode destilasi yang paling banyak digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri dalam skala produksi yang besar. Uap pada metode ini dihasilkan dari *boiler* yang berasal dari luar ruang tangki. Uap panas yang dialirkan dari *boiler* merupakan *superheated steam* yang memiliki tekanan di atas tekanan atmosfer. Uap panas dari *boiler* dialirkan melalui pipa yang menuju bagian bawah saringan atau penahan berpori sehingga uap mengalir ke atas yang nantinya akan memanaskan tanaman yang akan diekstraksi (Guenther, 1987). Dengan temperatur yang tinggi hal ini sangat menguntungkan digunakan untuk tanaman yang memerlukan titik didih yang tinggi, seperti kayu dan akar. Keuntungan dari metode *steam distillation* adalah kita dapat mengganti tanaman yang diekstraksi dengan mudah tanpa harus mengurus masalah air pula.

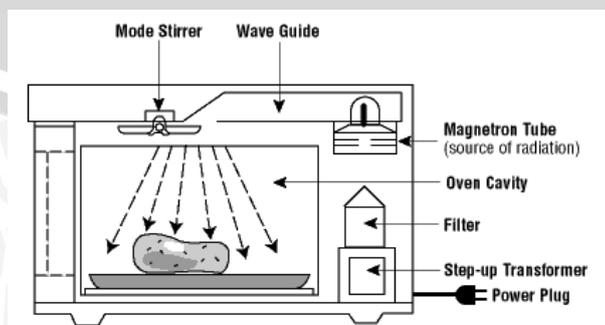
2.5 Gelombang Mikro

Gelombang mikro adalah gelombang yang memiliki panjang gelombang antara 1.0cm – 1.0m serta memiliki frekuensi yang tinggi yaitu antara 0.3-30 GHz dan gelombang mikro merupakan gelombang elektromagnetik (Taylor, 2005). Menurut Ramanadhan (2005), Gelombang elektromagnetik merupakan energi listrik dan magnet yang bergerak bolak-balik (*oscillate*) dan menghasilkan gelombang yang harmonis. Gelombang mikro memiliki kesamaan frekuensi dengan gelombang telekomunikasi maupun gelombang radar (Capson, 1975). Empat frekuensi gelombang mikro yang disetujui oleh *Federal Communications and International Radio Regulation* pada tahun 1859 di pertemuan yang berlokasi di Genewa untuk bisa digunakan demi keperluan beberapa bidang seperti pada sains, kedokteran, industri hingga beberapa penggunaan lainnya adalah sebesar 915 ± 25 MHz, 2450 ± 13 MHz, 5800 ± 75 MHz dan 1250 ± 125 MHz.



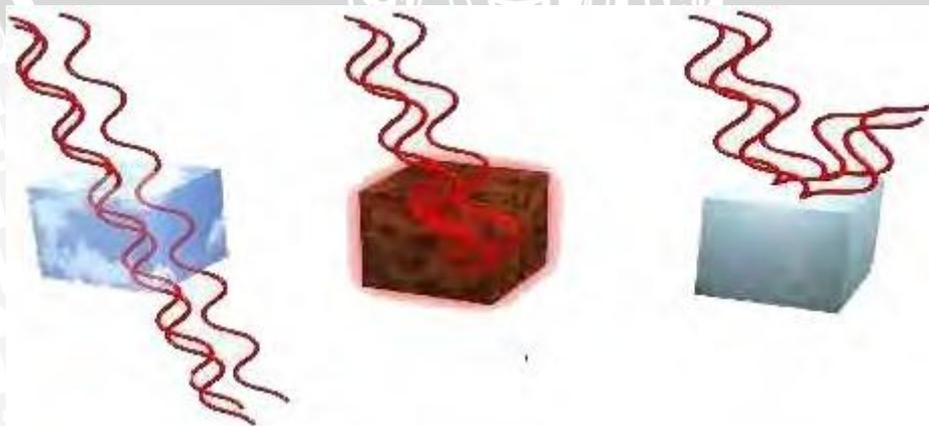
Gambar 2.5 Spektrum Gelombang Elektromagnetik
 Sumber : Cengel, *Heat and Mass Transfer A Practical Approach*

Microwave oven (tungku gelombang mikro), frekuensi yang umum digunakan adalah sebesar 2.45 GHz dengan panjang gelombang 12.25 cm. *Microwave oven* sendiri memiliki sumber tenaga berupa magnetron. Pada frekuensi 2.45 GHz, magnetron bisa menghasilkan daya antara 500-2000 W, bahkan dapat mencapai tingkat maksimum 6-10 kW. Pada jangkauan panjang gelombang antara 10^2 - $10^5 \mu\text{m}$, gelombang mikro akan sangat baik jika digunakan untuk proses memasak sangat cocok digunakan untuk memasak selama gelombang mikro tetap dipantulkan oleh logam atau diteruskan melewati kaca maupun plastik. Dimana, radiasi yang dihasilkan adalah konversi dari energi listrik yang nantinya radiasi itu yang akan memanaskan makanan tanpa ada pemanasan secara konduksi maupun konveksi. Proses perpindahan panas yang terjadi dengan adanya ketahanan konveksi panas maupun konduksi panas menyebabkan proses perpindahan panas akan lambat sehingga berdampak pada proses pemanasan (Cengel, *Heat and Mass Transfer A Practical Approach*)



Gambar 2.6 Bagian-Bagian *Microwave Oven*
 Sumber : Utami, (2010)

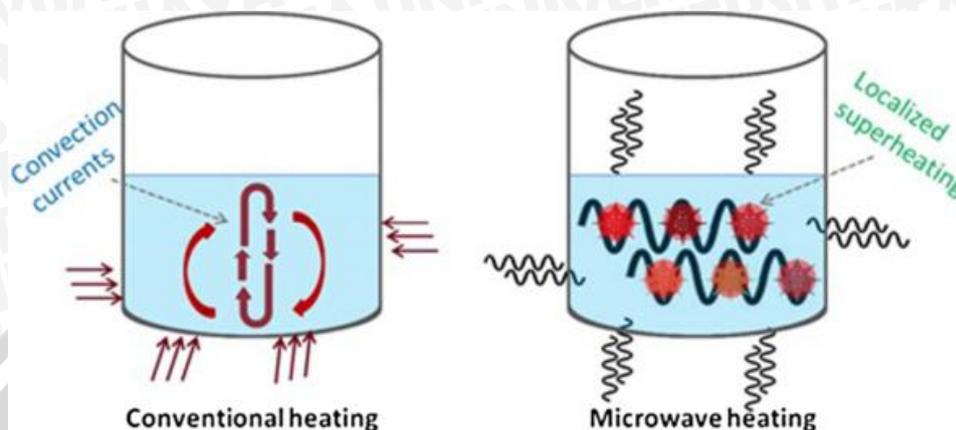
Beberapa material memiliki perbedaan respon terhadap gelombang mikro sehingga, tidak semua material ataupun bahan akan cocok jika digunakan dalam pemanasan dengan gelombang mikro. Bahan atau material dikelompokkan menjadi tiga jenis jika dilihat dari kemampuan responnya terhadap gelombang mikro, material tersebut antara lain berupa dielektrik, konduktor dan isolator. Untuk bahan dielektrik memiliki sifat menyerap dan mengubah sebagian energi dari gelombang mikro menjadi panas, untuk material atau bahan yang bersifat konduktor akan memantulkan radiasi sedangkan bahan yang memiliki sifat isolator akan meneruskan radiasi dan hanya sebagian kecil mengubah energi dari gelombang mikro (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.



Gambar 2.7 Karakteristik Gelombang Mikro
Sumber : 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.

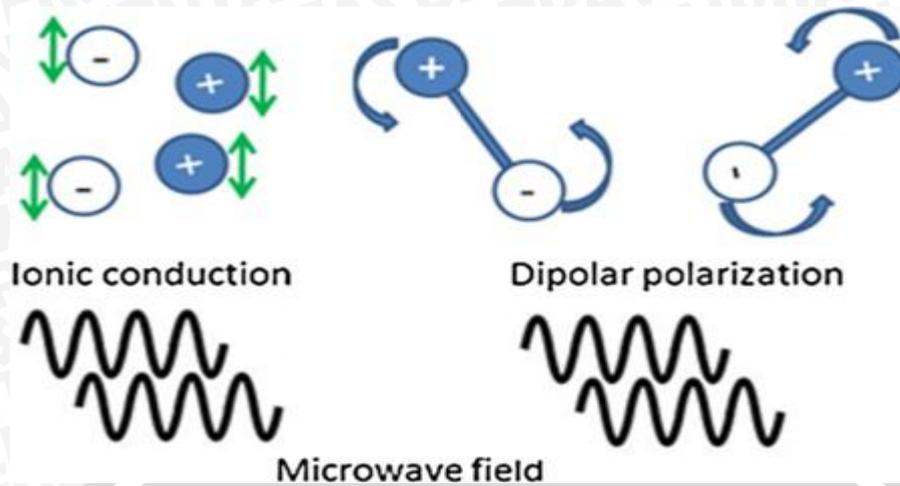


Gambar 2.8 Mekanisme Pemanasan *microwave* dan Konvensional
Sumber : Veera Gnaneswar Gude *,et al* (2013)

Pada gambar 2.8 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 yang terjadi dari gelombang mikro pada suatu material adalah sebab dari beberapa mekanisme yaitu *dipolar polarization*, *ionic conduction*, dan *interfacial polarization* sehingga menyebabkan perubahan fase *superheating* yang cepat pada material seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.9 *Ionic Conduction* dan *Dipolar Polarization* pada Material
 Sumber : Veera Gnaneswar Gude *,et al* (2013)

Sebuah molekul yang terkena radiasi dari gelombang mikro akan mengakibatkan kecenderungan *dipole* untuk mensejajarkan bentuk dari gelombang mikro. Namun, jika pancaran radiasi dari gelombang mikro terjadi secara cepat (*oscillating*), mengakibatkan kecenderungan *dipole* untuk mengikuti gerak gelombang secara terus menerus. Sehingga, panas akan muncul karena gesekan yang terjadi karena pergantian orientasi dari molekul tersebut (Veera Gnaneswar Gude *,et al* 2013)

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

1. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas dari satu bagian benda ke bagian benda lainnya dengan adanya kontak fisik. Pada *microwave* konduksi terjadi seperti pada papan panas yang kontak langsung dengan papan lainnya.

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas dari satu titik ke titik lain dalam suatu fluida gas atau cairan melalui pergerakan campuran fluida yang memiliki perbedaan suhu. Konveksi yang terjadi pada *microwave* seperti ketika uap panas berputar dalam ruangan tertutup pada *microwave* yang memanaskan bagian dari specimen uji.

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas dari satu benda ke benda lain tanpa melalui kontak fisik benda tersebut, melainkan melalui pancaran gelombang. Radiasi pada *microwave* terjadi ketika adanya gelombang elektromagnetik yang membuat molekul-molekul air bergetar yang menyebabkan panas pada molekul seperti air, minyak dan gula.

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 meningkatnya daya pada *microwave* dengan metode *microwave assisted steam distillation* maka akan semakin cepat proses distilasi dikarenakan seiring meningkatnya daya pada *microwave* maka peningkatan temperatur semakin cepat sehingga rendemen yang dihasilkan akan semakin cepat.