

PENGERINGAN LADA PUTIH (*Piper nigrum L.*) MENGUNAKAN GELOMBANG MIKRO (*Microwave*)

Edy Hartulistiyoso dan Kurniawan Sudarmaji

Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Bagi Indonesia lada merupakan komoditas ekspor yang potensial dengan nilai sekitar USD 2 juta per tahun dan hanya sebagian kecil saja (kurang lebih 20%) yang dikonsumsi dalam negeri. Untuk meningkatkan daya saing di pasar global kualitas lada ekspor perlu terus ditingkatkan, diantaranya dengan menerapkan teknologi seperti pengeringan dengan *microwave* yang berlangsung cepat dan higienis. Dalam makalah ini akan dibahas hasil penelitian pengeringan lada menggunakan *microwave*. Percobaan dilakukan dengan oven gelombang mikro 80 Watt untuk mengeringkan lada (150g) 1, 3 dan 5 lapis tumpukan, dari kadar air 45% menjadi 11%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kebutuhan waktu pengeringan dengan gelombang mikro pada 1, 3 dan 5 lapis tumpukan adalah 39,27%, 33,60% dan 26,46% dari waktu yang dibutuhkan oleh oven udara panas. Laju pengeringan terhadap kadar air berfluktuasi pada oven gelombang mikro dan hal ini disebabkan oleh perubahan suhu pada permukaan bahan. Kadar air serta cemaran mikroba pada hasil pengeringan dengan oven gelombang mikro memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan untuk lada putih. Pengeringan dengan oven gelombang mikro mampu menghemat kebutuhan energi rata-rata hingga 80,74% per gr air yang diuapkan dibandingkan dengan oven udara panas.

Kata kunci: pengeringan, lada, gelombang mikro, mutu

ABSTRACT

White pepper represents important export commodity for Indonesia with the value of around USD 2 million per year and only in small amount (about 20%) was consumed in country. To increase the competitiveness in global market, the quality of white pepper should be improved, among others by applying microwave for drying. This paper will discuss the drying of white pepper using microwave. The experiment was done with microwave oven at 80 Watt to dry white pepper corn (150g) in 1, 3 and 5 layers from 45% to 11% water content (wet basis). The result showed that the drying time using microwave at 1, 3 and 5 layers were 39.27%, 33.60% and 26.46% of the time required using hot air oven. The energy requirement of microwave drying of white pepper was only 80.74% comparing with that of oven drying. The drying rate using microwave was fluctuated comparing with that of using hot air oven. The essential oil content as well as microbial quality of microwave dried pepper was remain in standard quality.

Keywords: drying, pepper corn, microwave, quality

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanaman lada (*Piper nigrum* Linn.) merupakan tanaman introduksi yang berasal dari Malabar (India Barat). Sejak masuk ke Indonesia tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang sangat penting. Sebelum perang dunia kedua, antara tahun 1935-1940, Indonesia mampu memasok 80% kebutuhan lada dunia dan tercatat sebagai penghasil lada terbesar di dunia. Tahun 2001, Indonesia menempati urutan kedua penghasil lada dunia setelah India dengan total produksi sebesar 59.000 ton atau sekitar 19 % dari total produksi lada dunia (Anonymous, 2002).

Sebagian besar bentuk komoditas lada yang diekspor oleh negara penghasil lada, termasuk Indonesia adalah berupa lada hitam dan lada putih. Tahapan pengolahan lada

hitam terdiri dari pemetikan, *blanching* atau pemeraman, perontokan, pengeringan, sortasi dan pengemasan. Sedangkan tahapan pengolahan lada putih terdiri dari pemetikan, perontokan, perendaman, pencucian, pengupasan kulit, pengeringan, sortasi dan pengemasan. Menurut Muljodiharjo (1991), salah satu masalah yang dihadapi negara penghasil lada dunia adalah menurunnya mutu lada terutama yang diakibatkan oleh pencemaran *aflatoksin* dan *Salmonella sp.* Terdapat kecenderungan dari negara pengimpor untuk meminta agar lada steril dari mikroba patogen, misalnya *Salmonella sp.* dan *Escherichia coli*. Upaya reduksi mikroba untuk berbagai produk pertanian telah dilakukan. Berbagai teknologi yang digunakan selama ini seperti penggunaan zat-zat kimia, ataupun iradiasi sinar radioaktif masih menunjukkan kekurangan, disamping di beberapa negara dilarang digunakan karena faktor resiko bagi kesehatan konsumen.

Pengeringan udara panas merupakan metode yang efektif untuk pengolahan produk pertanian yang mudah rusak (*perishable*). Metode ini, bagaimanapun, memerlukan waktu yang lama dengan efisiensi energi yang rendah, terutama selama laju pengeringan menurun. Pengeringan lada secara konveksi dengan pemanasan biasa juga dapat merusak kandungan minyak atsiri yang ada di dalam bahan. Selain itu, pengeringan konveksi kurang efektif untuk dapat menekan kandungan mikroba (Hartulistiyoso, 2000).

Penerapan pengeringan dielektrik, dengan menggunakan gelombang elektromagnetik langsung ke posisi molekul air dalam bahan dapat mengurangi kerusakan produk. Gelombang mikro sebagai salah satu spektrum dari gelombang elektromagnetik dapat langsung mempengaruhi air bahan yang merupakan zat bersifat polar. Proses pengeringan menjadi lebih cepat dan cara tersebut mengurangi kemungkinan kerusakan atau penguapan zat lain yang bersifat non-polar. Oven gelombang mikro sebagai penerapan salah satu spektrum dari gelombang elektromagnetik dapat dijadikan alternatif pada proses pengeringan lada.

Gelombang mikro (*Microwave*), sebagaimana juga cahaya, adalah suatu bentuk gelombang elektromagnet. Dalam spektrum frekuensi, *microwave* terletak antara 300 MHz dan 300 GHz, atau antara gelombang radio dan inframerah. Karena letak spektrum frekuensinya yang mendekati gelombang radio, maka agar tidak mengganggu frekuensi gelombang lainnya, hanya frekuensi tertentu yang diizinkan oleh *Industrial, Science and Medical Frequences (ISM)* untuk keperluan industri. Frekuensi 2450 MHz secara umum digunakan secara luas di seluruh dunia, di Amerika digunakan pula frekuensi 915 MHz dan di Inggris digunakan frekuensi 896 MHz. Panjang gelombang dari frekuensi-frekuensi tersebut masing-masing 12,24 cm, 32,77 cm, dan 33,46 cm (Decareau, 1985).

Gelombang elektromagnetik bergerak di udara setara dengan kecepatan cahaya c ($c=2.9979 \times 10^8$ m/s). Antara frekuensi f , panjang gelombang λ dan kecepatan cahaya c terdapat hubungan :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (1)$$

Dari persamaan di atas, dengan frekuensi sebesar 2450 MHz panjang gelombang *microwave* di dalam vakum adalah 12.25 cm. Besarnya energi W dapat diketahui dari hubungannya dengan frekuensi f dan angka kuantum Planck h ($h=6.625 \times 10^{-34}$ Js²).

$$W = h.f \dots \dots \dots (2)$$

Dari persamaan di atas, maka pada kisaran frekuensi *microwave* mempunyai energi sebesar 10^{-6} sampai 10^{-5} eV dan tidak termasuk merupakan radiasi ion (*ionizing radiation*, sekitar 34 eV).

Microwave sebagaimana juga gelombang elektromagnetik yang lain dipancarkan dari satu sumber ke segala arah dan dapat dipantulkan atau diserap oleh

benda. Untuk penggunaan praktis perlu diperhatikan bahwa *microwave* direfleksikan oleh bahan metal, menembus bahan-bahan seperti udara, porselin, plastik, dan dapat diserap oleh air, bahan pangan dan pertanian yang kemudian melepaskan panas (Jones dan Andrew, 1996).

Oven gelombang mikro merupakan salah satu piranti dalam proses pengolahan pangan. Aplikasi penggunaan energi oven gelombang mikro ini telah dikenal pada awal tahun 1969-an. Energi panas yang dihasilkan memiliki beberapa keuntungan diantaranya daya penetrasi yang dihasilkan relatif tinggi, molekul-molekul air pada bahan makanan dapat berfungsi sebagai penyerap energi dan energi yang dihasilkan lebih efektif (Rockwell *et al.*, 1967)

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui karakteristik pengeringan lada putih (*Piper nigrum* Linn.) dengan menggunakan oven gelombang mikro (*microwave oven*), meliputi penurunan kadar air, laju pengeringan dan perubahan suhu selama pengeringan.
2. Menguji mutu lada putih hasil pengeringan dengan oven gelombang mikro berdasarkan parameter mutu: kadar air, kandungan minyak atsiri dan cemaran mikroba, kemudian membandingkan mutu hasil pengeringan lada putih dengan standar mutu yang telah ditetapkan.
3. Mengetahui aspek penggunaan energi gelombang mikro untuk pengeringan lada putih.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa lada basah berumur delapan-sembilan bulan dari masa pembungaan. Lada petik diperoleh dari kebun percobaan (KP) BALITTRO di daerah Cikembang, Kabupaten Sukabumi-Jawa Barat.

Lada petik yang diperoleh dari kebun ini kemudian dipisahkan antara buah dengan tangkainya. Perendaman dilakukan selama sembilan hari dalam air mengalir. Buah lada yang lebih matang (berwarna kuning sampai merah) dipisahkan dan direndam selama tujuh hari. Hal ini dilakukan agar buah lada yang lebih tua tidak hancur karena terlalu lama direndam. Setelah sembilan hari buah lada yang telah direndam dikupas dengan cara menggesekkan buah lada pada permukaan karung rendam. Buah lada yang sudah terkupas kemudian dicuci hingga bersih. Untuk mempertahankan kadar air awal, buah lada kupas tetap diletakkan dalam air dan disimpan dalam lemari pendingin (*refrigerator*) dengan suhu 0-5 °C.

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain oven gelombang mikro (*microwave oven*) merk *Elektrolux* tipe EMC 1920 dengan kisaran daya 80-800 Watt, dan input Voltase 220-230 V, oven pengering merk *IKEDA RIKA* tipe SS-204 D (220 V, 8A), *thermo recorder/chino recorder* merk *Yokogawa* tipe HR 2500 E, timbangan digital merk *AND* tipe EK 1200A kapasitas 1200 g x 0,1 g, multimeter merk APPA-101, *termometer standar*.

Parameter Pengukuran

Parameter yang diukur meliputi daya keluaran oven gelombang mikro, tegangan dan kuat arus masukan (input), masa bahan, kadar air bahan, suhu permukaan bahan, waktu pengeringan, kandungan minyak atsiri dan kandungan mikroba.

Prosedur Percobaan

1. Persiapan bahan dan alat
2. Perlakuan pendahuluan terhadap lada putih basah, antara lain perendaman, pencucian dan penirisan.
3. Pengujian sistem pengering gelombang mikro, terdiri dari :
 - a). Memasang alat-alat ukur (termometer digital, timbangan digital, voltmeter dan amperemeter) yang akan diambil datanya.
 - b). Menimbang lada putih setelah penirisan.
 - c). Mengambil sebagian sampel untuk pengukuran kadar air awal.
 - d). Pengeringan lada putih dengan daya 80 Watt
 - e). Mengukur parameter-parameter pengamatan selama proses pengeringan.
 - f). Pengeringan dihentikan jika kadar air akhir yang diinginkan telah tercapai.
4. Pengujian mutu lada putih, meliputi kandungan mikroba dan kandungan minyak atsiri lada putih kering.

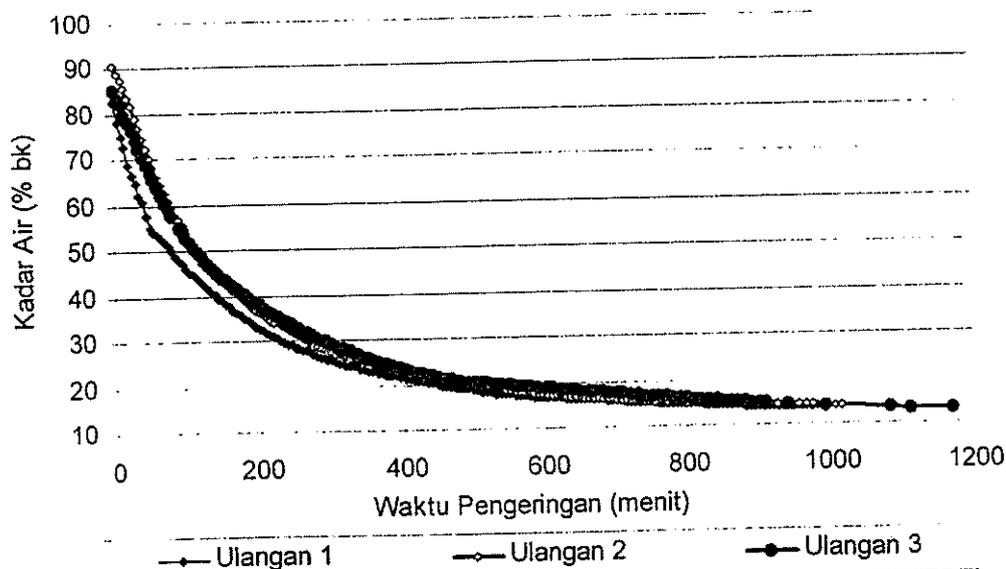
Penelitian dilakukan dengan memberi berbagai variasi perlakuan pada lada basah dengan massa tertentu (tetap). Variasi perlakuan berupa kombinasi tumpukan pada daya tetap, 80 Watt. Kombinasi tumpukan yang digunakan adalah 1 lapis, 3 lapis dan 5 lapis lada basah. Tiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pengeringan

Penurunan kadar air dan waktu pengeringan

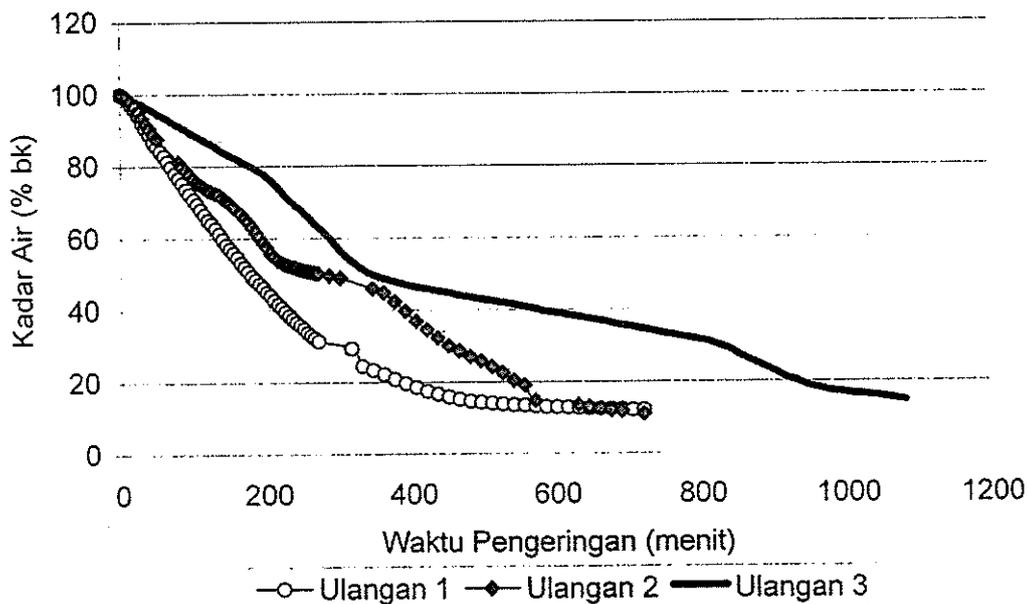
Pengeringan lada putih dilakukan dengan tiga variasi tumpukan, dengan massa awal yang sama yaitu 150 g. Gambar 1 menunjukkan grafik penurunan kadar air selama proses pengeringan dengan oven gelombang mikro pada model satu lapis tumpukan.



Gambar 1. Grafik penurunan kadar air pada 1 lapis tumpukan dengan pengering oven gelombang mikro

Penurunan kadar air pada pengeringan lada putih dengan oven gelombang mikro dengan model 1 lapis tumpukan memiliki profil yang relatif sama. Grafik penurunan kadar air pada ulangan 2 dan 3 hampir berhimpit, sedangkan pengeringan pada ulangan 1 berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan karena perbedaan kadar air awal.

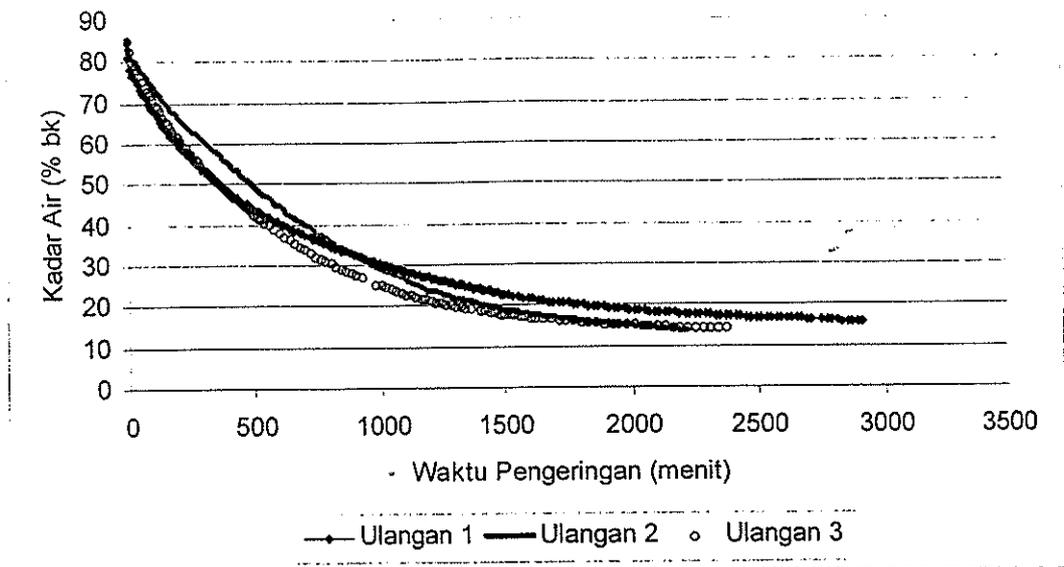
Grafik 2 menunjukkan penurunan kadar air pada 3 lapis tumpukan. Terlihat bahwa pada kadar air awal yang sama, penurunan kadar air pada pengeringan dengan oven gelombang mikro memiliki karakter yang berbeda. Kadar air akhir pada ulangan 1 dan 2 dicapai pada waktu yang sama, akan tetapi profil penurunan kadar air tiap satuan waktu berbeda antara keduanya. Konsumsi waktu pengeringan terbesar terjadi pada ulangan 3. Variasi karakteristik penurunan kadar air terbesar terjadi pada pengeringan lada putih menggunakan oven gelombang mikro pada 5 lapis tumpukan. Pada kadar air awal yang sama, ulangan 1 dan 3 memerlukan waktu yang berbeda untuk mencapai kadar air akhir. Sementara itu ulangan 2, dengan kadar air awal yang lebih rendah dibandingkan dengan ulangan 1 dan 3, membutuhkan waktu yang paling lama untuk mencapai kadar air akhir.



Gambar 2. Grafik penurunan kadar air pada 3 lapis tumpukan dengan pengering oven gelombang mikro

Untuk menunjukkan perbedaan karakter serta konsumsi waktu pengeringan dengan pengeringan konveksi udara panas dilakukan perbandingan pengeringan dengan oven udara panas yang di set pada suhu 40°C. Lada putih tidak boleh dikeringkan pada suhu tinggi secara terus menerus karena pertimbangan mutu. Pengeringan dengan suhu tinggi secara kontinyu akan mengakibatkan warna lada putih menjadi kecoklatan. Pada suhu moderat, sekitar 40°C lada putih dapat dikeringkan secara kontinyu. Hal ini yang menjadi pertimbangan untuk set suhu.

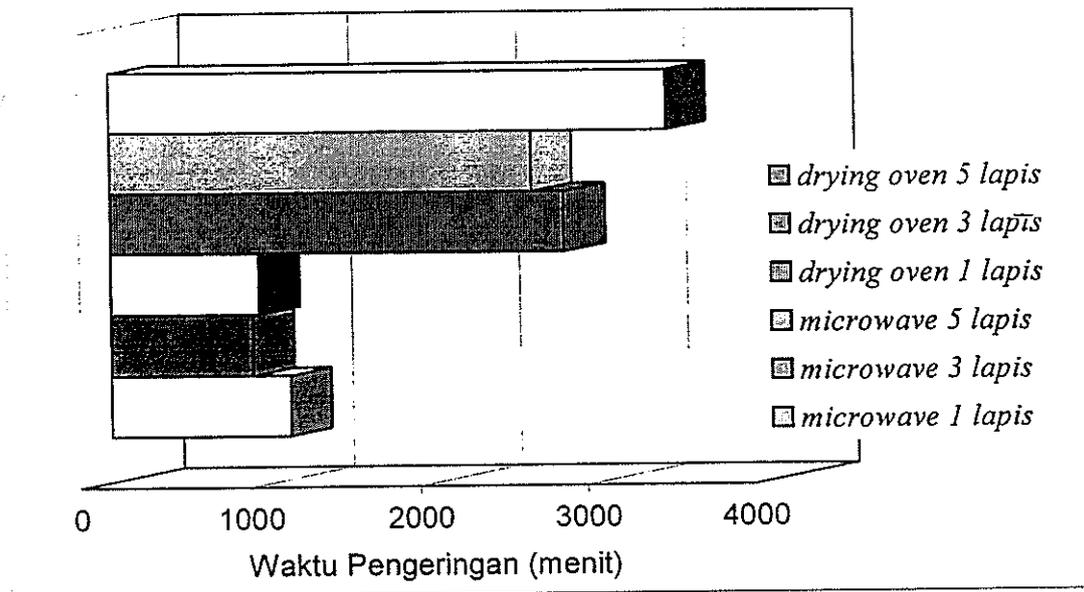
Berbeda dengan pengeringan dengan oven gelombang mikro, pada pengeringan dengan oven udara panas, penurunan kadar air memiliki pola tertentu yang hampir sama untuk tiap ulangan. Gambar 3 menunjukkan grafik penurunan kadar air pada 3 lapis tumpukan yang dikeringkan dengan oven udara panas.



Gambar 3. Grafik penurunan kadar air pada 3 lapis tumpukan dengan

Perbandingan kebutuhan waktu pengeringan 3 lapis dan 5 lapis tumpukan pada kedua metode pengeringan menunjukkan bahwa pengeringan dengan oven gelombang mikro jauh lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan dengan oven udara panas. Jika diperhatikan dari kebutuhan waktu pengeringan, pada perlakuan tumpukan terjadi hal yang bertolak belakang pada kedua metode pengeringan. Pada pengeringan dengan oven udara panas, semakin tebal tumpukan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan. Hal sebaliknya terjadi pada pengeringan dengan oven gelombang mikro. Pada pengeringan dengan oven gelombang mikro, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air akhir pada perlakuan tumpukan lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan 1 lapis.

Kebutuhan waktu pengeringan yang lebih sedikit pada pengeringan lada putih dengan oven gelombang mikro, menunjukkan bahwa penetrasian gelombang mikro untuk pengeringan lebih efektif dibandingkan menggunakan oven udara panas (Gambar 4). Penghematan waktu proses ini dapat dimanfaatkan untuk pengolahan bahan-bahan pertanian yang mudah rusak (*perishable*) karena keterlambatan penanganan pasca panen.



Gambar 4. Perbandingan waktu pengeringan dengan variasi tumpukan pada dua metode pengeringan

Jika dibandingkan dengan pengeringan menggunakan oven udara panas, secara rata-rata pengeringan menggunakan oven gelombang mikro memiliki nilai laju pengeringan yang lebih tinggi (Tabel 4.). Hal inilah yang menyebabkan pengeringan dengan oven gelombang mikro mampu mereduksi waktu proses sebagaimana yang telah disebutkan terdahulu.

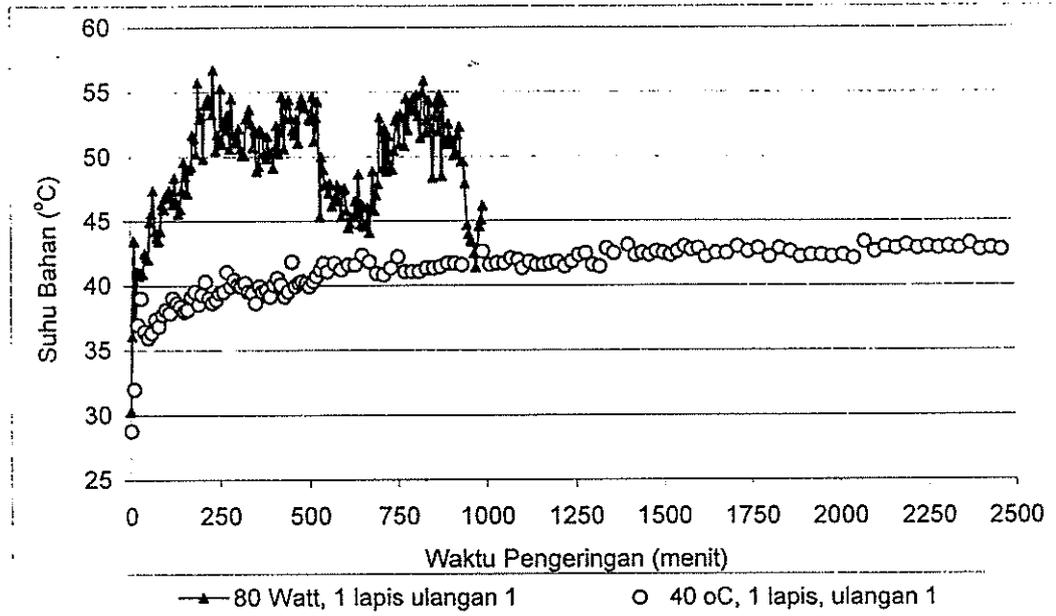
Tabel 1. Rata-rata laju pengeringan lada

Perlakuan Pengeringan	Laju Pengeringan (% bk/menit)			
	1	2	3	rata-rata
<i>Microwave 1 lapis</i>	0,07	0,09	0,09	0,083
<i>Microwave 3 lapis</i>	0,18	0,15	0,10	0,143
<i>Microwave 5 lapis</i>	0,14	0,05	0,19	0,127
Oven Udara Panas 1 lapis	0,05	0,05	0,06	0,053
Oven Udara Panas 3 lapis	0,03	0,03	0,04	0,033
Oven Udara Panas 5 lapis	0,03	0,03	0,03	0,030

Karakteristik kurva laju pengeringan terhadap kadar air pada pengeringan dengan oven gelombang mikro tidak memperlihatkan pola yang jelas. Hal ini disebabkan oleh perubahan yang terus menerus pada suhu bahan.

Suhu bahan

Suhu bahan merupakan parameter utama yang umum digunakan dalam mengontrol proses dalam oven gelombang mikro. Perubahan suhu lada putih selama proses pengeringan dalam oven gelombang mikro dan perbandingannya dalam oven udara panas diperlihatkan pada Gambar 5.



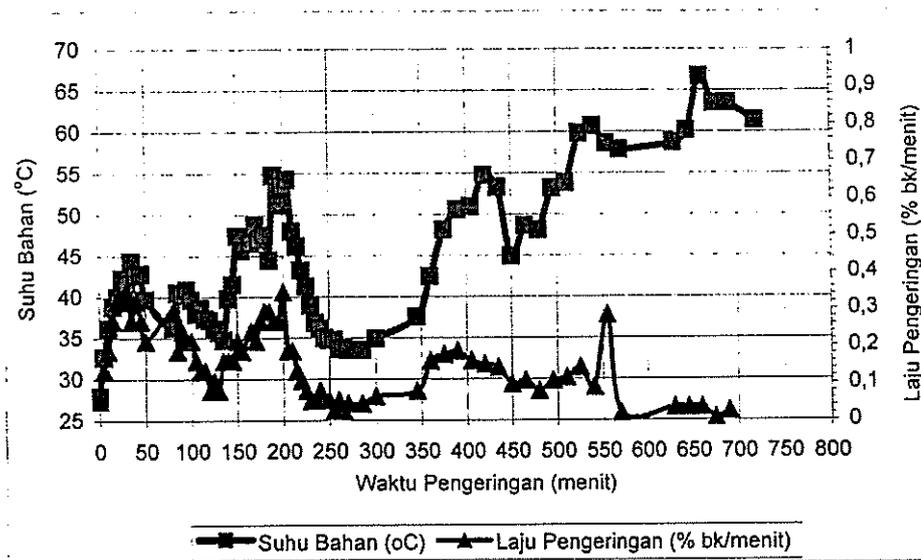
Gambar 5. Perubahan suhu bahan selama pengeringan lada putih

Secara jelas tampak bahwa pada set daya 80 Watt, oven gelombang mikro menghasilkan suhu bahan (lada putih) yang lebih tinggi dibandingkan dengan oven udara panas yang di set pada suhu pengeringan 40 °C. Pada oven gelombang mikro suhu bahan yang dihasilkan juga sangat bfluktuasi.

Meskipun merupakan parameter yang penting, pengukuran suhu dalam oven gelombang mikro memiliki banyak kendala. Dalam medan elektromagnetik, sensor suhu (termokopel) bekerja sebagai unit antena yang akan mengubah distribusi medan listrik dalam oven gelombang mikro. Selain itu sensor juga terpanaskan oleh gelombang elektromagnet, sehingga akan terjadi bias antara suhu bahan sebenarnya dengan suhu karena pemanasan sensor oleh gelombang mikro.

Peningkatan dan perubahan suhu bahan dalam oven gelombang mikro merupakan efek dari interaksi antara bahan dengan gelombang mikro. Sewaktu bahan terkena paparan radiasi gelombang mikro, sebagian dari energi gelombang mikro diserap oleh bahan, yang kemudian membangkitkan panas dalam volume atau *bulk* dari bahan. Panas ini kemudian meningkatkan suhu bahan sehingga bagian dalam menjadi lebih panas dibandingkan bagian permukaan. Fenomena ini merupakan kebalikan dari pengeringan udara panas, dimana panas yang berasal dari luar (sumber lain) diberikan pada bagian permukaan bahan kemudian panas ini akan berdifusi ke bagian dalam yang lebih rendah suhunya.

Pemanasan yang stabil pada oven gelombang mikro dipengaruhi oleh jumlah energi gelombang mikro yang diserap oleh bahan dan pada kemampuan bahan untuk melepaskannya (disipasi) menjadi panas. Pengaruh perubahan temperatur bahan dalam mengubah kemampuan penyerapan dan disipasi panas bahan menjelaskan fenomena fluktuasi suhu bahan. Fluktuasi suhu bahan ini yang kemudian akan mempengaruhi laju pengeringan (Gambar 6).



Gambar 6. Pengaruh perubahan suhu bahan terhadap laju pengeringan

Perubahan suhu bahan selama pengeringan diikuti oleh berubahnya laju pengeringan. Hal ini terlihat jelas terutama pada pengeringan 3 lapis dan 5 lapis tumpukan. Suhu bahan juga mampu mencapai nilai yang tinggi (meskipun hanya beberapa saat) pada pengeringan pada perlakuan tumpukan dibandingkan dengan suhu pada perlakuan 1 lapisan. Suhu tertinggi yang dicapai pada pengeringan 1 lapis yaitu 58,2°C, sedangkan suhu tertinggi pada 3 lapis dan 5 lapis masing-masing adalah 66,7°C dan 92°C. Hal ini disebabkan karena jumlah massa air per satuan luas menjadi lebih besar. Jumlah massa air per satuan luas meningkatkan efektifitas penyerapan gelombang mikro oleh bahan, sehingga panas yang dilepaskan sebagai peningkatan suhu menjadi lebih besar.

Tabel 2. Suhu bahan rata-rata dari tiap perlakuan tumpukan pengeringan dengan oven gelombang mikro

Tumpukan	1	2	3	Rata-rata
1 lapis	49,4 °C	47,2 °C	45,9 °C	47,5 °C
3 lapis	49,6 °C	44,8 °C	39,6 °C	44,7 °C
5 lapis	59,8 °C	41,0 °C	51,5 °C	50,8 °C

Pemanasan pada oven gelombang mikro juga tergantung langsung dengan daya masukan dari *power supply*. Sebagaimana telah disebutkan dalam pembahasan kinerja transformer dan magnetron, arus dan tegangan selalu berubah-ubah selama proses pengeringan. Pengendalian suhu selama proses dapat dilakukan, salah satunya dengan mengendalikan daya masukan (*input power*).

Mutu Hasil Pengeringan

Pengujian lada putih hasil pengeringan dengan oven gelombang mikro pada kandungan minyak atsiri dan cemaran mikroba disajikan pada Tabel 3. Tampak dari hasil tersebut, baik kandungan atsiri maupun mikroba, pengeringan dengan gelombang mikro

menunjukkan hasil yang lebih baik dari oven udara panas. Selain itu, keduanya menghasilkan mutu yang sesuai standar.

Tabel 3. Hasil uji mutu pengeringan

Parameter Mutu	Oven Gelombang Mikro	Oven Udara Panas	Standar
Kadar air (% bb)	12,09	12,58	13
Kandungan minyak atsiri (%)	3,25	2,74	Min. 1
Cemaran Mikroba (koloni/g)	$1,15 \times 10^5$	$1,06 \times 10^6$	Maks. 1×10^7

Penggunaan Energi

Meskipun penggunaan kedua alat pengering tidak dalam kapasitas maksimumnya, konsumsi energi total dari seluruh proses pengeringan dengan kedua metode dapat ditentukan sebagai berikut (Tabel 4.) :

Tabel 4. Total penggunaan energi pada pengeringan lada putih

Perlakuan	Konsumsi waktu (menit)	Jumlah air yang diuapkan (g)	Total penggunaan energi (kJ)
microwave 1 lapis	1058,33	174,9	69849,8
microwave 3 lapis	840,00	196,6	55440,0
microwave 5 lapis	875,00	190,2	57750,0
TOTAL		561,7	183039,8
drying oven 1 lapis	2695,00	182,2	284592,0
drying oven 3 lapis	2500,00	168,6	264000,0
drying oven 5 lapis	3306,67	179,9	349184,4
TOTAL		530,7	18013,61

Jika dibandingkan maka energi rata-rata yang digunakan oleh oven gelombang mikro hanya sebesar 325,9 kJ/g air yang diuapkan, sedangkan oven udara panas membutuhkan 1691,7 kJ untuk menguapkan 1 g air untuk proses pengeringan. Penghematan energi yang dapat dilakukan rata-rata per gr air yang diuapkan adalah sebesar 80,74 %.

KESIMPULAN

1. Laju pengeringan terhadap kadar air berfluktuasi pada oven gelombang mikro dan hal ini disebabkan oleh perubahan suhu pada permukaan bahan.
2. Kadar air serta cemaran mikroba pada hasil pengeringan dengan oven gelombang mikro memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan untuk lada putih.
3. Pengeringan dengan oven gelombang mikro mampu menghemat kebutuhan energi rata-rata hingga 80.74% per gr air yang diuapkan dibandingkan dengan oven udara panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Decareau. 1985. Microwave Energy in Food Processing. Encyclopedia of Food Science. Vol 3. M. S. Peterson and A. H. Johnson (ed.).The AVI Publ. Co., Inc. Westport, Connecticut.
- Hartulistiyoso, E. 2000. Penghematan Energi pada Proses Pengolahan Rempah-Rempah dengan Energi Gelombang Mikro. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian AE 2000. Bogor.
- IPC. 2002. History of pepper. International Pepper Community. <http://www.ipcnet.org>.
- Jones, P. L. and Andrew, T.R. 1996. Dielectric Drying. *Drying Technology* 14 (5):1063-1098. Chester.
- Muljodihardjo, S. 1991. Permasalahan perladan Indonesia . Prosiding Seminar Sehari Penanggulangan Masalah Lada di Lampung. Bandar Lampung, 19 September 1991.
- Rockwell, W.C., Loewe, C.C., Huxoll, A.I., and Morgan, Jr. 1967. Apparatus for experimental microwave processing. *Journal of Food Technology* 2:17-21.