

RANCANG BANGUN MESIN PENGERING BERDASARKAN SIFAT DIELEKTRIK UNTUK PENGERINGAN REMPAH-REMPAH¹

Harmen², Bastamansyah² dan Yose Sebastian²

ABSTRAK

Indonesia kaya akan tanaman rempah-rempah dan tanaman obat. Tanaman ini sering digunakan sebagai jamu. Penggunaan belum disertai oleh dukungan proses yang dapat mempertahankan komponen aktifnya. Salah satu rantai penanganan pasca panen yang sangat kritis adalah pengeringan sehubungan dengan adanya komponen aktif yang terkandung dalam tanaman obat yang bersifat mudah menguap.

Pengeringan yang umum dilakukan adalah memberikan panas ke bahan dengan cara pemberian panas permukaan dan pemanasan volumetrik. Pemanasan permukaan menyebabkan pengkerakan permukaan (*case hardening*) dan peretakan (*cracking*) dan merusak komponen aktif bahan rempah-rempah.

Pemanasan volumetrik dilakukan dengan memberi gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu dan mengkonversinya menjadi panas berdasarkan sifat dielektrik bahan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang-bangun pengering dielektrik berdasarkan frekuensi radio, melakukan uji kinerja mesin pengering yang dirancang, serta mempelajari karakteristik pengeringan rempah-rempah dengan menggunakan mesin pengering hasil rancangan tersebut.

Mesin pengering dielektrik telah dirancang bangun dan dapat bekerja pada frekuensi 4,420 MHz. Dari hasil pengujian untuk pengeringan lada alat yang dirancang telah dapat membangkitkan suhu sampai 34.1^oC, belum dapat mencapai puncak tegangan resonansi yang maksimum. Dari pengamatan pada penelitian yang telah dilakukan, mesin pengering yang dirancang unjuk kerjanya masih rendah atau belum dapat menyamai pengeringan oven pada suhu pengeringan yang sama, baik itu untuk laju penurunan kadar air, laju pengeringan terhadap waktu maupun laju pengeringan terhadap kada air.

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008

² Staf Pengajar pada Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung

A. PENDAHULUAN

Sebagai negara tropis, Indonesia kaya akan keaneka-ragaman hayati, seperti rempah-rempah dan tanaman obat. Tanaman rempah dan obat telah digunakan untuk pengobatan sejak ribuan tahun yang lalu, seperti jamu di Indonesia. Komponen aktif yang terkandung dalam tanaman obat sangat bersifat mudah menguap. Untuk itu diperlukan teknik pengeringan yang tepat.

Cara pengeringan rempah-rempah atau tanaman obat dapat dengan pemberian panas dari permukaan bahan, atau dengan pengeringan dielektrik. Pada pemanasan/pengeringan dielektrik, bahan ditempatkan diantara 2 lempeng konduktor yang bersifat sebagai kondensator dan bahan dianggap sebagai dielektrik diberi gelombang radio.

Pemanasan permukaan tergantung pada konduktivitas panas bahan. Nilai konduktivitas bahan rempah dan tanaman obat relatif kecil sehingga rambatan panas sangat lambat dan menyebabkan gradien suhu yang curam pada bahan, menyebabkan, pengkerakan permukaan (*case hardening*) dan/atau keretakan (*cracking*) yang mencerminkan terjadinya kerusakan komponen aktif bahan.

Pada pemanasan volumetrik dilakukan dengan memberi gelombang elektromagnetik pada frekuensi tertentu dan mengkonversinya menjadi panas berdasarkan sifat dielektrik bahan tersebut, langsung mempengaruhi molekul air yang bersifat polar. (Harmen, dkk (2004)(2) telah melakukan penelitian bahwa faktor utama yang mempengaruhi nilai sifat dielektrik bahan rempah-rempah pada frekuensi radio adalah kadar air.

Sifat nilai dielektrik bahan dapat dimanfaatkan untuk pengeringan dielektrik, semakin tinggi kadar air bahan semakin tinggi panas yang ditimbulkannya dan semakin turun kadar air bahan makin turun pula panas yang dikeluarkan oleh bahan. Panas yang ditimbulkan oleh bahan pada pengeringan dielektrik bergantung dari kadar air yang dikandung.

Mesin pengering akan dibuat pada kisaran frekuensi 3-30 MHz. Komponen utama sistim ini terdiri dari (a) osilator, (b) buffer (c) driver, (d) penguat frekuensi tinggi, dan (e) rangkaian resonansi yang terdiri dari lilitan dan kapasitor variable. Kapasitor variable juga berfungsi sebagai wadah bahan yang akan dikeringkan.

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian bertujuan untuk merancang-bangun pengering dielektrik pada kisaran frekuensi radio, melakukan uji kinerja mesin pengering yang dirancang dengan mempelajari karakteristik pengeringan lada.

C. TINJAUAN PUSTAKA

Pengeringan dielektrik (Pengeringan RF) didasarkan pada prinsip energi diserap oleh bahan basah apabila bahan tersebut ditempatkan pada medan listrik frekuensi tinggi. Energi ini pada prinsipnya diserap oleh air yang ada dalam bahan menyebabkan meningkatnya suhu, sehingga sejumlah air akan menguap dan tingkat kadar air akan berkurang (Jones P.L and RowleyA.T, 1996).

Menurut Mohsenin, N. N.,1984, Jika bahan ditempatkan diantara plat metal paralel yang diberi medan listrik frekuensi tinggi, maka plat merupakan kapasitor, dan bahan merupakan dielektrik. Apabila terjadi polarisasi dan kehilangan dielektrik, maka terjadi pemanasan bahan dielektrik.

Tidak seperti pada pemanasan dengan konduksi, konveksi dan radiasi, pemanasan dielektrik memanasi bahan yang mengandung senyawa polar secara volumetrik, dimana energi termal yang disediakan pada permukaan tidak harus dikonduksikan ke bagian dalam, seperti yang ditentukan oleh hukum konduksi panas Fourier. Jenis pemanasan ini memberikan keuntungan berikut:

1. Peningkatan panas dan massa.
2. Peningkatan gradien tekanan internal yang dapat meningkatkan laju pengeringan.
3. Laju pengeringan meningkat tanpa peningkatan suhu permukaan.
4. Mutu produk lebih baik.

Ketika suatu medan elektromagnetik diterapkan pada suatu bahan dielektrik, panas dibangkitkan karena adanya gesekan molekul yang tereksitasi dengan muatan asimetrik, seperti air. Hal ini merupakan hasil konduksi ionik atau osilasi dipol (Strumilo dan Kudra, 1986 dalam Devahastin, S., 2001). Selang frekuensi radio berkisar dari 1 – 300 MHz sedangkan mikrowave dari 300 sampai 3000 MHz (Devahastin, S., 2001).

D. METODE PENELITIAN

Mesin pengering dibuat pada kisaran frekuensi antar 3.00-30.00 MHz. Komponen utama sistem ini terdiri dari (a) osilator, (b) buffer (c) driver, (d) penguat frekuensi tinggi, dan (e) rangkaian resonansi yang terdiri dari lilitan (L) dan kapasitor variabel (C). Kapasitor variabel berfungsi sebagai wadah bahan yang akan dikeringkan.

Osilator berfungsi sebagai pembangkit frekuensi tertentu, dibuat menggunakan transistor bipolar Si-NPN, sistem osilator VFO (*variable frequency oscillator*) dikuatkan dengan rangkaian Buffer, Driver, Penguat akhir. Rangkaian resonansi adalah rangkaian yang digunakan untuk pengaturan puncak resonansi, terdiri dari komponen induktor(L) dan kapasitor variabel(C) (digunakan untuk wadah pengeringan).

Wadah pengering dirancang dari 2 plat sejajar yang terbuat dari tembaga. Jarak antara bahan dan plat dapat diatur untuk mendapatkan puncak resonansi. Kapasitor variabel (C) berdasarkan Gambar 6, merupakan wadah pengeringan, dibuat dari dua plat sejajar dimana diantaranya ditempatkan bahan yang akan dikeringkan, jarak antar plat dapat diatur. Karakteristik pengeringan dianalisis secara grafis. Adapun yang diamati antara lain: (1) Hubungan antara kadar air terhadap waktu, (2) Laju pengeringan terhadap waktu, (3) Laju pengeringan terhadap kadar air, (4) Suhu terhadap kadar air.

Pada penelitian ini dilakukan, perancangan dan pembuatan mesin pengering dielektrik, pembuatan rangkaian resonansi (LC) dan pembuatan wadah pengeringan, melakukan pengujian alat pengering dielektrik. Pengujian antara lain mengukur frekuensi, tegangan resonansi, Peraga yang digunakan adalah DC voltmeter dengan terlebih dahulu mengkonversi arus AC ke arus DC dengan jembatan dioda (Metode yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan pada frekuensi tinggi) Harmen, dkk(2004)(1). Melakukan uji coba mengeringkan bahan rempah-rempah, mengukur suhu yang dikeluarkan oleh mesin pengering, Karakteristik pengeringan.

1. Analisis bahan Hasil Pengeringan

a. Kadar Air lada

$$KA = \frac{BB - BK}{BB} \times 100\%$$

KA = Kadar Air (%)

BB = Berat basah

BK =Berat kering

b. Laju pengeringan dengan rumus

$$W = \frac{Bn - B(n-1)}{tn - t(n-1)}$$

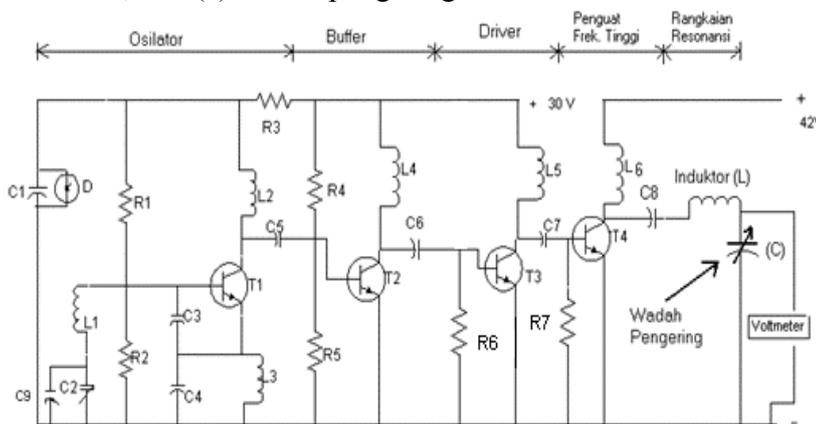
Dimana

- W = Laju Pengeringan, Kg/jam
- Bn = Berat Bahan pengamatan ke n, Kg
- B(n-1) = Berat bahan pengamatan ke n-1
- tn = Lama pengeringan pengamatan ke n
- T(n-1) = Lama pengeringanpengamatan ke n-1

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Perancangan Mesin Pengering Dielektrik

Rangkaian elektronik mesin pengering yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 6. Komponen utama alat ukur ini terdiri dari (a) osilator dan penguat frekuensi tinggi, (b) rangkaian LC dengan indikator tegangan resonansi dengan mengubah tegangan dari arus AC ke arus DC, dan (c) wadah pengering.

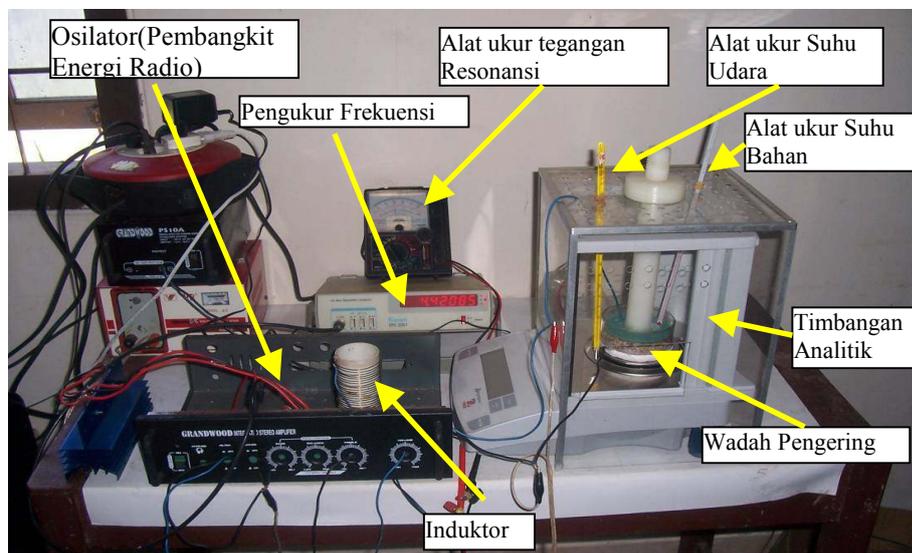


Gambar 1. Rangkaian penguat frekuensi tinggi

a. Osilator

Osilator adalah suatu rangkaian elektronika yang bertujuan untuk menciptakan atau menghasilkan Gaya Gerak Listrik (GGL) arus bolak balik atau gelombang sinusoidal dan tentunya dengan bentuk gelombang dan frekuensi tetap. Pada penelitian ini osilator yang dibuat adalah osilator frekuensi variabel (VFO) dengan transistor

sebagai komponen aktifnya. Rangkaian osilator dirancang seperti Gambar 6, dengan prinsip kerja sebagai berikut: Getaran frekuensi gelombang sinusoidal dihasilkan dari lilitan L1, L3, C2, C3 dan C4. Biasanya dihasilkan sinyal yang masih lemah, untuk itu perlu dikuatkan dengan transistor T2, T3 dan T4, sehingga sinyal yang keluar dapat terbaca dengan baik oleh pencacah frekuensi dan dapat memanaskan bahan rempah-rempah, tegangan (V) resonansinya dapat terbaca oleh DC voltmeter (tegangan AC telah dikonversi ke tegangan DC). Pada penelitian ini dirancang 1 rangkaian osilator yang dapat membangkitkan frekuensi tetap yaitu pada frekuensi 4,420 MHz. Hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 2 dan komponen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel.

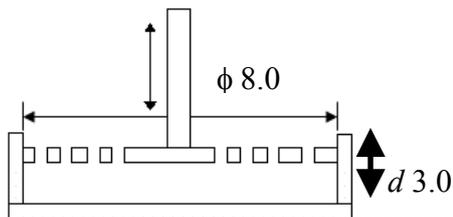


Gambar 2. Hasil rancangan mesin pengering

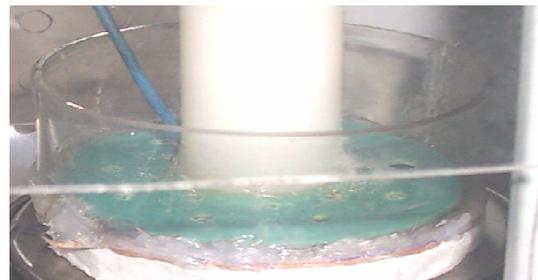
Tabel. Kebutuhan komponen elektronik untuk osilator dan pengering dielektrik untuk Gambar 1.

	Komponen	Ukuran pada rangkaian	
		I	
1	R1	33 K Ω	
2	R2	6,8 K Ω	
3	R3	1k Ω	
4	R4	15 K Ω	
5	R5	1 K Ω	
6	R6	1 K Ω	
7	R7	2,2 K Ω	
8	C1	100 μ F	
9	C2(VC)	250 pF	
10	C3	1000 pF	
11	C4	1000 pF	

12	C5	1000 pF
13	C6	2.2nF
14	C7	10 nF
15	C8	330 nF
16	C9	470 nF
17	T1	2N 2222
17	T2	2SC 1162
18	T3	2SC 1226
19	T4	2SD 716
19	L1	φkawat 0,1mm, φkoker 11 mm 70 lilit
20	L2(RFC1)	2,5 mH 100 mA
21	L3(RFC2)	2,5 mH 100 mA
22	L4(RFC3)	2,5 mH 200 mA
23	L5(RFC4)	2,5 mH 300 mA
24	L6(RFC5)	φkawat 0.5 mm 60 lilit koker Ferit
25	Induktor	φkawat 0.8 mm 32 lilit φkoker inti udara panjang 4 inci
24	Dioda Zener	9 V, 1 W



Gambar 3. Rancangan wadah pengering



Gambar 4. Hasil rancangan Wadah Pengering

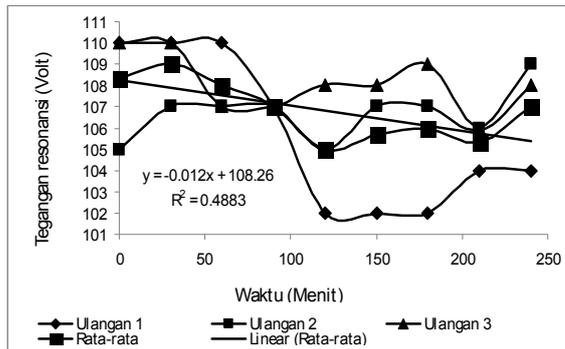
b. Wadah Pengering

Wadah pengering dirancang dan dibuat berdasarkan pendekatan kemampuan alat untuk mengeringkan bahan, sehingga dengan kapasitansi yang ada, tegangan resonansinya dapat terbaca dengan baik. Bagian bawah wadah dibuat dari penghantar (konduktor), silindernya dibuat dari isolator (Acrylic), bagian atas lempeng wadah pengering dibuat dari isolator berpori sebanyak 18 dengan diameter pori 3,5 cm. Rancangan wadah pengering dapat dilihat pada Gambar 3. dan hasilnya rancangan dapat dilihat pada Gambar 4.

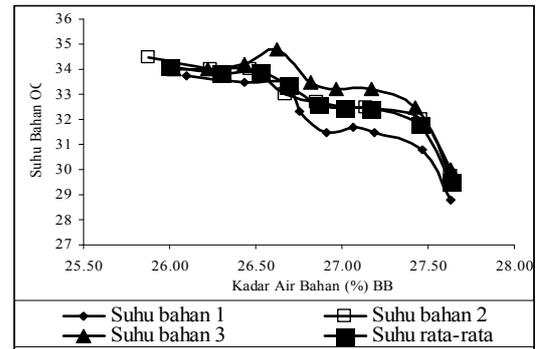
c. Induktor

Induktor dibuat diameter 1.9 inci, panjang lilitan 4 inci, jumlah lilitan 8 lilitan perinci, Gambar 2.

2. Pengujian Mesin Pengering



Gambar 5. Hubungan Tegangan resonansi dengan lama waktu pengeringan dielektrik



Gambar 6. Hubungan Suhu bahan dengan Kadar air lada pada pengeringan dielektrik

Dari Gambar 5 terlihat bahwa hasil pengukuran tagangan yang dapat dibangkitkan oleh mesin pengering beragam mulai tegangan 102 volt sampai tegangan 110Volt. Dari rata-rata pengukuran tegangan terlihat bahwa pengukuran tegangan mulai dari tegangan 105 sampai dengan 109 volt. Kalau dilihat garis kecenderungannya, maka garisnya tegangan yang dibangkitkan cenderung menurun. Dari hasil pengukuran bahwa puncak resonansi pada wadah pengering kosong tanpa bahan dapat mencapai 135 volt. Jika dibandingkan dengan resonansi yang berhasil dicapai pada pengeringan lada maka puncak resonansi maksimum belum tercapai. Berarti bahan yang dikeringkan kapasitansinya lebih kecil dibandingkan dengan resonansi wadah pengering kosong. Ketika wadah diisi dengan bahan, maka didalam wadah pengering akan ada tiga unsur zat seperti udara, air dan padatan, maka ketika jarak lempeng diatur dan jarak antara bahan dengan lempeng sudah minimal, tetapi tegangan belum juga mencapai tegangan resonansi maksimum, Walaupun jarak pengaturan lempeng sudah minimal, tetapi didalam wadah pengering masih ada udara, dimana udara konstanta dielektriknya sangat kecil dibandingkan air dan padatan sehingga walaupun jarak antar bahan sudah tidak ada lagi, konstanta dielektrik bahan tidak meningkat lagi.

Ketika rangkaian LC mencapai puncak resonansi, merupakan suatu keadaan sistim pengeringan menghaburkan energi paling maksimal. Dari rangkaian penelitian ini tegangan yang dicapai 102 sampai 110 volt, masih jauh lebih rendah dari tegangan puncak maksimum resonansi yang dapat dicapai yaitu 135 Volt, berarti energi yang diserap bahan belum mencapai maksimum yang disediakan Rangkaian LC.

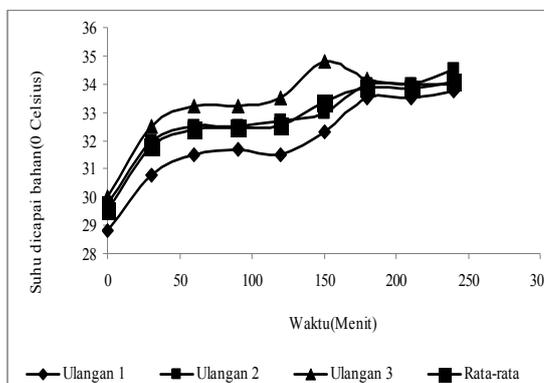
Kalau dilihat Gambar 5. Tegangan resonansi cenderung menurun, tegangan resonansi ini berhubungan dengan konstanta dielektrik, konstanta dielektrik dipengaruhi

padatan, cairan dan udara. Padatan dan udara dalam bahan konsentrasinya cenderung tetap, sedangkan dalam pengeringan, fraksi air konsentrasinya cenderung berubah-ubah. Dengan demikian konstanta dielektrik bahan yang dikeringkan akan cenderung dipengaruhi oleh kadar air. Makin lama bahan dikeringkan makin turun kadar airnya, makin turun pula konstanta dielektriknya, sehingga akan menurunkan tegangan resonansi.

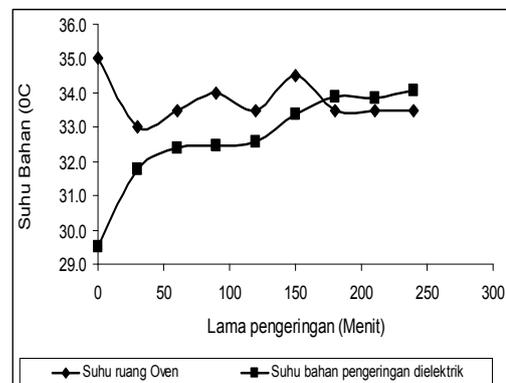
3. Karakteristik Pengeringan Lada

a. Kadar Air dan Suhu bahan

Dari Gambar 6. terlihat selama pengeringan dielektrik (240 menit) suhu bahan cenderung meningkat, dari hubungan kadar air dengan perubahan suhu bahan memperlihatkan bahwa kadar air bahan semakin turun, suhu bahan makin meningkat. Berarti selama proses pengeringan ini telah terjadi proses pemanasan awal artinya baru proses menaikkan suhu bahan, belum mencapai suhu konstan. Seharusnya yang terjadi adalah suhu bahan dipengaruhi oleh konstanta dielektrik bahan semakin turun kadar air semakin turun suhu bahan, karena pemanasan bahan dipengaruhi kadar air bahan. Dalam penelitian ini suhu bahan baru akan mencapai puncak pemanasan air bahan, ini terlihat dari pada KA yang paling rendah grafik cenderung lebih landai (datar). Begitu juga Pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan suhu dicapai dengan lama pengeringan pada pengeringan dielektrik

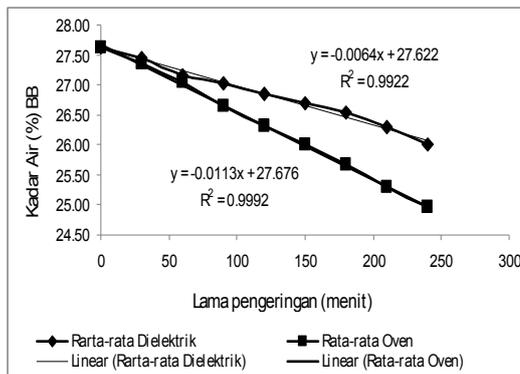


Gambar 8. Rata-rata suhu ruang pengering oven dan suhu bahan

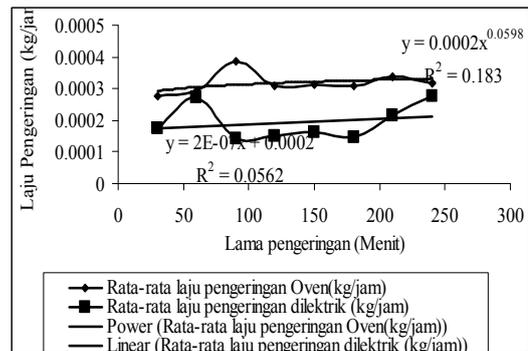
Dari Gambar 8. terlihat bahwa suhu pengeringan dielektrik cenderung meningkat dengan pertambahan waktu. Pada pemanasan dielektrik panas dibangkitkan sendiri oleh bahan ketika bahan diberi gelombang radio, sehingga naiknya suhu seiring dengan waktu. Pada pengeringan oven, ruang oven dipanaskan dulu setelah

suhunya stabil bahan dimasukkan kedalam oven, panas yang diberikan pada bahan berasal dari luar dan merambat kedalam bahan sesuai dengan daya hantar panas bahan.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa laju penurunan kadar air untuk pengeringan oven lebih curam dibandingkan dengan laju penurunan kadar air pada pengeringan dielektrik. Dalam penelitian ini berarti penurunan kadar air pengeringan oven lebih cepat dibandingkan pengeringan dielektrik. Rendahnya laju penurunan kadar air pengeringan dielektrik disebabkan oleh tingginya tekanan uap didalam ruang pengering dibandingkan dengan pengeringan oven padahal suhu ruang dibuat lebih kurang sama lihat Gambar 8 . Pada pengeringan dielektrik, bahan ditempatkan diantara lempeng sehingga tekanan uapnya menjadi tinggi sehingga memperlambat pergerakan uap air yang keluar dari bahan. Walaupun suhu bahan sudah tinggi tetapi karena sulitnya uap air dari bahan maka laju penurunan kadar air tetap lambat.

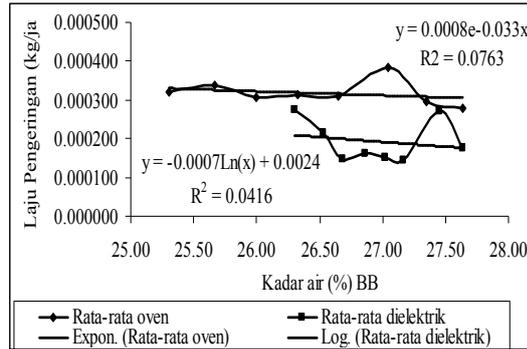


Gambar 9. Hubungan Rata-rata kadar air pengeringan dielektrik dan oven terhadap lama pengeringan



Gambar 10. Hubungan rata-rata Laju Pengeringan dielektrik dan oven dengan Lama pengeringan

Pada Gambar 10 dapat dilihat rata-rata laju pengeringan dielektrik lebih rendah dibandingkan dengan laju pengeringan oven. Rendahnya laju pengeringan dielektrik karena panas bahan dibangkitkan oleh bahan itu sendiri, dimana ketika bahan diberi gelombang radio, bahan akan menghasilkan panas. Pembangkitan panas ini lebih lama dibandingkan dengan apabila bahan diberi panas dari luar. Lambatnya laju pengeringan dielektrik karena karena tertahannya pengeluaran uap air dari bahan karena wadah terbuat dari lempeng yang diberi pori-pori, sehingga pori-pori ini cenderung menghalangi uap air yang keluar. Dari trend grafik terlihat bahwa laju pengeringan masih menaik, baik pengeringan dielektrik maupun oven. Artinya bahwa bahan masih masih pada tahap pengeringan awal atau tahap pemanasan awal bahan, belum tahap pemanasan puncak.



Gambar 11. Hubungan rata-rata Laju pengeringan dielektrik dan oven dengan Kadar air

Dari Gambar 11, terlihat bahwa laju pengeringan dielektrik dihubungkan dengan kadar air terlihat lebih rendah dibandingkan dengan dengan laju pengeringan oven. Rendahnya laju pengeringan ini disebabkan oleh tehalangnya uap air yang keluar dari bahan karena wadah pengeringan dibuat dari dua lempeng dan yang diberi pori pori, sehingga agak menghalangi pengeluaran uap air dari bahan. Dari trend grafik terlihat bahwa laju pengeringan masih menaik sesuai dengan penurunan kadar air baik pengeringan dielektrik maupun oven. Artinya bahwa bahan masih masih pada tahap pengeringan awal atau tahap pemanasan awal bahan, belum tahap pemanasan puncak, sehingga penurunan kadar air belum mempengaruhi laju pengeringan.

F. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Mesin pengering dielektrik telah dirancang bangun dan dapat bekerja pada frekuensi 4,420 MHz.
2. Dari hasil pengujian untuk pengeringan lada alat yang dirancang telah dapat membangkitkan suhu sampai 34.1 °C, belum dapat mencapai puncak tegangan resonansi yang maksimum.
3. Dari pengamatan pada penelitian yang telah dilakukan, mesin pengering yang dirancang unjuk kerjanya masih rendah atau belum dapat menyamai pengeringan oven pada suhu pengeringan yang sama, baik itu untuk laju penurunan kadar air, laju pengeringan terhadap waktu maupun laju pengeringan terhadap kada air.

PUSTAKA ACUAN

- Devahastin, S., 2001. Panduan Praktis Mujumdar untuk Pengeringan Industrial. IPB Press. Bogor.
- Harmen, A.H. Tambunan, S. Widyarto, 2004(1). Modifikasi alat Ukur Dielektrik Metoda Q-Meter dan Nilai Sifat Dielektrik Lada. Jurnal Keteknikan Pertanian Vol. 18(3), pp. 153-162
- Harmen, A.H. Tambunan, Y. Sebastian, 2004(2). Rancang Bangun Alat Ukur Nilai Dielektrik pada Kisaran Frekuensi Radio untuk Bahan pertanian. Laporan Penelitian Hibah Bersaing th. 2004. Politeknik Negeri Lampung 2004.
- Jones, P.L, and Rowley,A.T., 1996.Dielektrik Drying Technology. 14(5), 1063-1096(1996).
- Mohsenin, N. N.,1984. Electromagnetic Radiation Properties of Food and Agricultural Product. Gordon and Science Publisher. New York.