



## REKAYASA PROTOTIPE MESIN EVAPORATOR VAKUM

### (*Design and Manufacturing of Vacuum Evaporator Prototype*)

*Raffi Paramawati, Mardison, Reni Yuliana Gultom, FX Lilik Tri Mulyantoro dan Sigit Triwahyudi*

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian  
Situgadung, P.O. Box 2, Serpong 15310, Tangerang, Banten  
Telp./Fax : (021) 5376580,70936787; (021) 71695497

### ABSTRAK

Pembuatan tepung kristal dari rimpang telah banyak dilakukan industri rumahan, dengan menggunakan peralatan sederhana dan secara manual. Keluhan yang sering dikemukakan pengolah tepung kristal adalah kejorihan kerja akibat pengadukan yang terlalu lama (5-8 jam), warna produk yang cenderung terlalu coklat dan tidak seragam serta kadar air yang masih relatif tinggi (>10%). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan mesin evaporator vakum, yang diharapkan dapat menghasilkan tepung kristal dengan kualitas yang lebih baik. Metode yang digunakan adalah analisis teknis, perancangan desain, pabrikasi dan pengujian. Perencanaan ini telah menghasilkan prototipe mesin evaporator vakum yang telah dapat digunakan untuk membuat tepung kristal dari ekstrak rimpang jahe segar, dengan lama operasional 3-5 jam menghasilkan tepung kristal dengan kadar air 2,67% dan rendemen rata-rata 59,20%. Warna tepung kristal jahe adalah kuning cerah pada kisaran nilai  $^{\circ}$ Hue 102 $^{\circ}$  dan derajat putih 56. Tepung kristal yang dihasilkan mempunyai aroma jahe yang sangat kuat khas seperti rimpang segarnya, dan mempunyai rasa pedas yang sama dengan jahe mentah varietas Merah.

**Kata kunci:** Mesin evaporator vakum, biofarmaka, rimpang, tepung kristal

### ABSTRACT

*Production of herb-rhizome based crystal flour has been conducted by plenty home industries, although still using manual equipments. A tiredness during 5-8 h stirring process is a common complaint of processors beside dark color and high moisture content (>10%) of the crystal flour. Objective of this research was to design and manufacture a vacuum evaporator prototype, which was expected could produce a better quality of herb-rhizome based crystal flour. Methods that carried out were consists of technical analysis, design, fabricate and performance testing. Designed and fabricated has produced vacuum evaporator that could produced ginger based crystal with 2.67% moisture content and 59.20% average yield ratio within 3-5 h operation time. A color of the ginger crystal was bright yellow at 102 $^{\circ}$  in  $^{\circ}$ Hue value and 56 in whiteness value. The crystal flour performed strong typical ginger aroma, and has biting taste as well as Red variety ginger.*

**Key words:** Vacuum evaporator machine, herb, rhizome, crystal flour

### PENDAHULUAN

Komoditas biofarmaka telah berkembang di Indonesia sejalan dengan kesadaran masyarakat untuk kembali menggunakan bahan-bahan alami. Saat ini tidak kurang dari 1166 buah perusahaan yang terdiri dari 129 IOT dengan investasi >600 juta, dan 1037 IKOT dengan investasi ≤600 juta Rupiah (Rostiana, 2006). Bahan baku biofarmaka rimpang dapat diproses menjadi berbagai produk yang sangat bermanfaat dalam menunjang industri obat tradisional, farmasi, kosmetik dan pangan (makanan/minuman). Ragam bentuk hasil

olahannya antara lain berupa simplisia, tepung hasil penggilingan, oleoresin, minyak atsiri dan tepung kristal.

Selain dikonsumsi langsung, biofarmaka juga dapat diolah lebih lanjut menjadi tepung ekstrak komponen aktif misalnya komponen aktif curcuminol dan curdione yang diambil dari ekstrak minyak atsiri temu putih (*Curcuma zedoaria*) (Jessica, 2007). Atau produk oleoresin yang diekstrak dari jahe digunakan sebagai bahan penyedap makanan dan minuman (Prasetyo dan Mulyono, 1987). Penelitian tentang komponen aktif dari ekstrak rimpang juga semakin berkembang (Rahayu, 2000;

Zakaria dan Veronika, 2002; Tejasari *et al.*, 2002; Syukur, 2003). Selain itu, biofarmaka dalam bentuk tepung atau bubuk akan mempermudah penanganan maupun distribusi dan memperpanjang umur simpannya (Harpem, 2005).

Tepung kristal komoditas biofarmaka khususnya rimpang biasanya diperoleh dari ekstrak cair dicampur dengan gula, kemudian dievaporasi hingga terbentuk kristal. Pembuatan tepung kristal pada dasarnya adalah proses evaporasi dengan pengadukan terus menerus. Evaporasi atau penguapan merupakan pengambilan sebagian uap air yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi padatan dari suatu bahan makanan cair. Ekstrak cair rimpang (jahe, kunyit, kencur, temulawak dan lain sebagainya) akan menyatu dengan larutan gula, sehingga ketika sebagian besar fraksi air menguap, akan terbentuk kristal gula yang mengandung komponen rimpang. Biasanya perbandingan ekstrak cair rimpang dengan gula adalah 1 : 2 hingga 1:4. Walaupun tepung kristal ini didominasi oleh komponen gula, namun rasa, warna dan aroma akan mirip dengan ekstrak rimpang yang dicampurkan. Usaha pembuatan tepung kristal rimpang-rimpangan banyak berkembang di DI Yogyakarta, Lampung, Jawa Tengah dan Jawa Timur (Paramawati *et al.*, 2006).

Pembuatan tepung kristal pada dasarnya adalah proses evaporasi dengan pengadukan terus menerus. Evaporasi atau penguapan merupakan pengambilan sebagian uap air yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi padatan dari suatu bahan makanan cair. Keluhan yang sering dikemukakan pengolah tepung kristal adalah kejerihan kerja akibat pengadukan yang terlalu lama (5-8 jam), warna produk yang cenderung terlalu coklat dan tidak seragam serta kadar air yang masih relatif tinggi (>10%). Warna coklat kemungkinan besar disebabkan terjadinya proses karamelisasi. Pada suhu tinggi ( $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ) gula sukrosa dapat mengalami proses karamelisasi sehingga warnanya menjadi coklat.

Dalam proses sederhana yang biasa dilakukan industri rumahan, evaporasi (penguapan air) dilakukan di atas wajan dengan pengadukan terus menerus (sangrai) hingga sebagian komponen air habis teruapkan. Keluhan yang sering dikemukakan pengolah tepung kristal adalah kejerihan kerja akibat pengadukan yang terlalu lama (5-8 jam), warna produk yang cenderung terlalu coklat dan tidak seragam serta kadar air yang masih relatif tinggi (>10%). Warna coklat kemungkinan besar

disebabkan terjadinya proses karamelisasi. Pada suhu tinggi ( $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ) gula sukrosa dapat mengalami proses karamelisasi sehingga warnanya menjadi coklat.

Belum adanya standardisasi mutu produk, serta pelayanan dan pendidikan, menyebabkan pemanfaatan jamu tidak berkembang (Sidik, 2008). Trijaya (2008) menyatakan bahwa sulit memperoleh produk bermutu dalam jumlah banyak secara berkesinambungan dengan ukuran, rasa, keseragaman dan kebersihan yang terjamin. Padahal keberlanjutan industri berbasis tanaman obat sangat ditentukan oleh kontinuitas pasokan bahan baku dan mutu bahan baku (Bermawie, 2008). Di pasaran, tepung kristal produksi industri rumahan mempunyai intensitas warna dan kadar air yang berbeda-beda. Proses evaporasi suhu tinggi ( $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ) dan kestabilan kecepatan pengadukan sangat mempengaruhi hasil akhir. Oleh sebab itu proses evaporasi pada kondisi vakum dengan pengadukan konstan diharapkan akan menghasilkan produk dengan warna cerah, aroma dan rasa yang kuat serta kadar air rendah.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk merekayasa prototipe mesin evaporator vakum, yang dapat menghasilkan tepung kristal sari rimpang dengan kadar air rendah (<10%), warna cerah dan aroma khas rimpang yang kuat.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam kegiatan ini meliputi bahan rekayasa, bahan uji serta bahan pembantu. Bahan rekayasa terdiri dari plat *stainless steel food grade*, besi siku, besi kanal, pipa stall kotak, pisau, *V belt*, *pulley*, kontaktor, motor listrik, *reduction gear* dan sebagainya. Bahan uji berupa jahe varietas Gajah yang dibeli dalam bentuk segar dari pasar Senen. Bahan pembantu antara lain kawat las, cat, batu gerinda dan sebagainya.

Pengujian fungsional maupun verifikasi dilakukan dengan menggunakan instrumen-instrumen ukur, seperti pengukur kadar air (Infrared FD 240) dan warna (Chromameter). Selain itu dilakukan uji organoleptik untuk membandingkan aroma dan rasa tepung kristal jahe dengan beberapa jahe mentah dari beberapa varietas.



**Metodologi**

Metode baku perancangan dimulai dari prarancangan hingga uji verifikasi mengikuti standar baku perancangan prototipe seperti tersaji pada Gambar 1. Ada empat macam perhitungan untuk menentukan rancangan dan gambar teknik mesin evaporator vakum, yaitu perhitungan tekanan untuk membuat kondisi vakum pada ruang evaporasi, daya pompa, proses pemanasan dan pemutaran pengaduk.

Selanjutnya dari rumus-rumus perhitungan dibuat gambar desain (Lampiran 2).

- 1) Perhitungan tekanan untuk membuat kondisi vakum pada ruang evaporasi. Prinsip kerja peralatan evaporator vakum ini berdasarkan pada kenyataan bahwa penurunan tekanan akan menyebabkan turunnya titik didih cairan.

Hukum gas ideal klasik:

$$P \times V = n \times R \times T \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

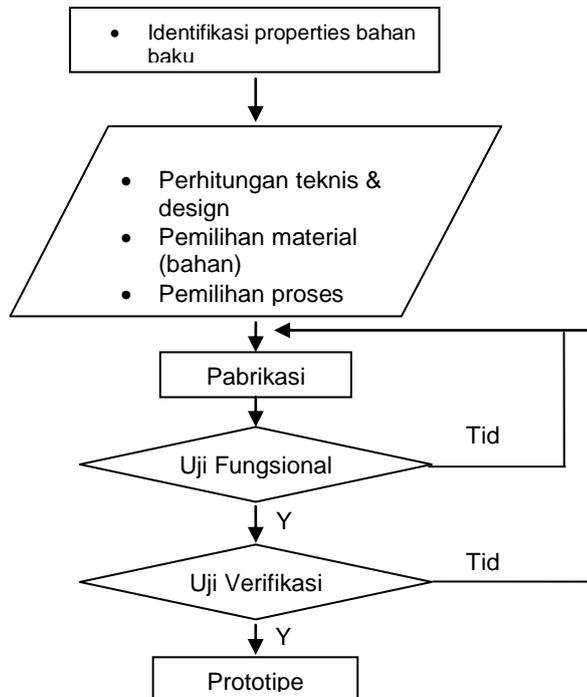
- P : tekanan uap/gas (atm),
- V : volume uap (liter),
- n : jumlah molekul uap
- R : tetapan gas ideal (0.082 l.atm/ mol. <sup>0</sup>K),
- T : suhu mutlak (<sup>0</sup>K)

Hukum Boyle – Gay Lussac:

$$n_1 = n_2$$

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \dots\dots\dots(2)$$

Karena laju perubahan air menjadi uap tetap, berarti volume uap tetap, sehingga penurunan tekanan akan menurunkan suhu. Dengan demikian jika pada tekanan atmosfer suhu air mendidih adalah 100<sup>0</sup>C, maka pada tekanan vakum (di bawah 1 atm) suhu didih akan menjadi lebih rendah dari 100<sup>0</sup>C.



Gambar 1. Alur proses rekayasa prototipe mesin evaporator vakum

2) Perhitungan daya pompa

$$\text{Daya pompa} = 0.163 \times \gamma \times q \times H \dots\dots (3)$$

Dimana,

- $\gamma$  : berat jenis uap air,
- $q$  : uap yang dipindahkan,
- $H$  : head total dari pompa

$$q = A \cdot v = \frac{1}{4} \sqrt{d^2} \cdot v \dots\dots\dots (4)$$

dimana,

- $\sqrt{d^2}$  : kecepatan discharge pompa,
- $V$  : kecepatan aliran

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \sqrt{d^2} / 2 g \dots\dots\dots (5)$$

Dimana,

- $h_a$  : ketinggian pompa,
- $\Delta h_p$  : perbedaan tekanan suction dengan tekanan discharge
- $h_l$  : *head loss* (tergantung jumlah elbow dan material pipa),
- $g$  : gravitasi

3) Perhitungan proses pemanasan:

$$Q = u \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (6)$$

Dimana

- $Q$  : panas yang dipindahkan (kcal/jam),
- $u$  : koefisien transfer panas (kcal/m<sup>2</sup>.°C.jam),
- $A$  : luas permukaan yang bersinggungan dengan panas,
- $\Delta T$  : perbedaan suhu (°C).

4). Perhitungan kecepatan putaran pengaduk:

$$np = nm \times \frac{\phi 2}{\phi 1} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana,

- $np$  : putaran pengaduk (rpm),
- $\phi 1$  : diameter pulley 1 (cm)
- $\phi 2$  : diameter pulley 2 (cm),
- $nm$  : putaran motor (rpm)

**Rancangan**

Mesin pengkristal dengan tipe evaporator vakum ini terdiri dari beberapa komponen utama antara lain:

1. Tangki *double jacket* sebagai tangki utama tempat bahan dimasukkan dan

juga sebagai ruangan penguapan. Bagian komponen mesin yang bersentuhan langsung dengan produk akan menggunakan *stainless steel* kategori *food grade* (SUS 316),

2. Unit pemanas dari kompor yang digunakan untuk memanaskan air yang terdapat antara tabung utama dengan tabung luarnya,
3. Sistem pemvakuman (vacuum system) menggunakan pompa,
4. Motor pengaduk dan komponen pendukung lainnya.

Selain kapasitas mesin, hal lain yang sangat penting di perhatikan dalam proses perancangan ini adalah pengaturan antara parameter suhu dan tekanan kerja yang digunakan untuk menguapkan air yang terdapat pada ekstraksi rimpang. Kedua parameter ini akan berpengaruh secara langsung terhadap kualitas hasil olahan dan kapasitas. Selama proses penguapan air, suhu dan temperatur dalam kondisi terkendali yang dikendalikan melalui panel kontrol dan selama proses berlangsung dilakukan pengadukan dengan kecepatan antara 15-20 rpm agar tidak terjadi penempelan bahan atau pergerakan pada dinding tangki penguapan (Paramawati *et al.*, 2008).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Prototipe Mesin Evaporator Vakum**

Prototipe Mesin evaporator vakum ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu tangki *double jacket*, unit pemanas (kompor gas), pompa vakum, dan motor pengaduk. Tangki *double jacket* mempunyai dua lapis dinding, di antara kedua dinding tersebut terdapat ruang berisi air. Di bagian dalam tangki adalah ruang penguapan (evaporasi), yang terbuat dari *stainless steel food grade* (Gambar Teknik Mesin Evaporator Vakum tersaji pada Lampiran 1).

Unit pemanas terpisah dari tangki, diletakkan persis di bawah tangki, berfungsi memanaskan air yang terdapat di antara dua lapisan dinding. Pemanasan tidak langsung ini diatur secara otomatis dengan menggunakan kontrol panel yang mengatur aliran gas dari tabung. Pompa vakum berfungsi untuk menarik udara dan uap air dari dalam ruang penguapan, sehingga ruang tersebut dalam keadaan vakum.

Motor pengaduk (2 HP) berfungsi untuk menggerakkan pengaduk dalam ruang



penguapan. Pengaduk dapat mengaduk hingga dasar ruangan penguapan, sehingga mencegah terbentuknya kerak atau gosong. Pengadukan konstan dan kontinyu dapat menghindarkan produk dari *off flavor* dan juga pencoklatan karena reaksi karamelisasi. Selain itu masih terdapat komponen pendukung penting, yaitu bak pendingin. Fungsi dari bak pendingin ini adalah untuk mendinginkan uap yang dipompa dari ruang penguapan.

### Mekanisme Kerja Mesin Evaporator Vakum

Evaporasi vakum merupakan pengambilan sebagian besar fraksi air dari bahan pangan berbentuk cair melalui penguapan suhu rendah dan pemompaan. Tujuan dari operasi ini adalah untuk mengurangi volume air dari suatu produk sampai batas tertentu tanpa menyebabkan kehilangan

komponen aktif. Pada kondisi vakum air akan mendidih pada suhu 60-70<sup>0</sup>C, sehingga komponen volatil belum menguap.

Suhu evaporasi diatur sejak awal, dan akan dikendalikan terus dengan mematikan atau menghidupkan kompor pemanas secara otomatis melalui panel kontrol. Selanjutnya, tekanan di ruang penguapan juga di kendalikan melalui panel kontrol yang sama, sehingga tetap stabil selama proses evaporasi. Selama proses berlangsung dilakukan pengadukan dengan kecepatan antara 15-20 rpm agar tidak terjadi penempelan bahan yang dapat menimbulkan kerak pada dasar atau dinding tangki penguapan. Uap air dihisap oleh pompa berkekuatan 1 HP, dialirkan melalui pipa berjaket, kemudian dibuang ke bak pendingin.



Keterangan: tangki evaporasi (kiri), bak pendingin (kanan)

Gambar 2. Prototipe mesin evaporator vakum

#### Spesifikasi:

Nama mesin : Mesin Evaporator Vakum  
 Tipe : Pemanasan tidak langsung  
 Kapasitas : 35 liter per proses

#### Dimensi :

- a. Tangki evaporator (double jacket):
  - Panjang : 600 mm (l)
  - Lebar : 1.100 mm (l)
  - Diameter : 630 mm (l)
  - Tinggi : 1.200 mm (l)
- b. Bak pendingin uap
  - Panjang : 950 mm
  - Lebar : 460 mm
  - Tinggi : 1.140 mm

#### Material :

- a. Stainless steel Food Grade (SUS 316) untuk bagian yang bersentuhan langsung dengan produk
- b. Stainless biasa (SUS 304) untuk bagian lain

Penggerak : Motor listrik 2 HP

Pengoperasian : Bahan bakar gas (kompor), pengoperasian secara otomatis, waktu untuk pembuatan tepung kristal 3-6 jam, untuk penurunan kadar air 1-2 jam

### Uji Kinerja Mesin Evaporator Vakum

Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa mesin evaporator mampu memvakumkan ruang proses hanya dalam waktu 1-3 menit setelah pompa dihidupkan, dengan nilai vakum mencapai 60-70 mmHg. Sementara suhu tangki (60-70°C) dicapai dalam waktu 20-25 menit, dan akan bertahan hingga 60 menit apabila kompor dalam keadaan hidup dengan api minimal. Ketika suhu di bawah 60°C, program (PLC) akan memerintahkan solenoid mengatur kran pembuka aliran gas dari tabung, sehingga api di kompor akan membesar.

Dalam pengujian dengan beban, dari ekstrak jahe seberat rata-rata 1.855,20 g ditambah 3 kali bagian gula diperoleh tepung kristal jahe seberat 4.392,90 g dengan kadar air 2.67% (Tabel 1). Dalam perhitungan diperoleh rendemen tepung kristal (dibanding ekstrak + gula) sebesar 59,20%, dengan lama operasional 3-5 jam menggunakan 3 kg gas LPG. Jumlah ini jauh lebih besar dibandingkan cara tradisional yang biasanya hanya menghasilkan rendemen 30%.

Warna tepung kristal jahe adalah kuning cerah pada kisaran nilai  $^{\circ}\text{Hue}$  102 $^{\circ}$  (dengan mesin) dan 89 $^{\circ}$  (manual). Nilai  $^{\circ}\text{Hue}$  54-90 $^{\circ}$  adalah kuning merah (kuning gelap) sedangkan

90-126 $^{\circ}$  adalah kuning. Nilai  $^{\circ}\text{Hue}$  diperoleh dari perhitungan tangen  $a^*/b^*$ . Nilai derajat putih (whiteness) diperoleh dari rumus konversi L,  $a^*$  dan  $b^*$ , dimana nilai derajat putih berkisar dari 0 (hitam) hingga 100 (putih). Dalam pengujian ini tepung kristal yang dihasilkan dengan mesin mempunyai derajat putih 56, sedangkan secara manual menghasilkan derajat putih 44. Nilai derajat putih ini sesuai dengan nilai  $^{\circ}\text{Hue}$ , yang memang menunjukkan warna tepung kristal jahe adalah kuning.

Tepung kristal yang dihasilkan mempunyai aroma jahe yang sangat kuat khas seperti rimpang segarnya. Secara organoleptik aroma tepung kristal jahe hasil proses dengan mesin jauh lebih baik dibandingkan hasil pembuatan secara manual. Aroma jahe ditentukan oleh senyawa volatil yang dikenal sebagai minyak atsiri. Pada suhu tinggi, minyak atsiri akan menguap, sehingga aroma jahe pada tepung kristal menjadi berkurang. Penggunaan suhu evaporasi rendah akan mencegah menguapnya minyak atsiri, sehingga aroma khas jahe tetap kuat. Analog dengan aroma, rasa pedas jahe yang disebabkan kandungan oleoresin juga tetap terjaga, sehingga tepung kristal jahe Gajah bahkan mempunyai rasa pedas yang sama dengan jahe mentah varietas Merah.

Tabel 1. Rata-rata bobot dan kadar air tepung kristal jahe

Proses evaporasi	Bobot ekstrak jahe (g)	Penambahan air (g)	Penambahan gula (g)	Tepung kristal jahe (g)	Kadar air (%)	Rendemen (%)
Dengan mesin	1.855,20	1.855,20	5.565.6	4.392,90	2.67	59,20
Dengan wajan (manual)	1.540.50	1.540.50	4.621.50	1.848.60	9.69	30.00

Keterangan: proses dengan mesin 3 kali ulangan, proses manual tanpa ulangan

Tabel 2. Rata-rata derajat putih tepung kristal jahe

Proses evaporasi	$^{\circ}\text{Hue}$	Derajat putih
Dengan mesin	102 $^{\circ}$	56
Dengan wajan (manual)	89 $^{\circ}$	44

Keterangan: proses dengan mesin 3 kali ulangan, proses manual tanpa ulangan

Tabel 3. Mutu sensori tepung kristal jahe

Proses evaporasi	Aroma	Rasa Jahe (dibandingkan dengan jahe mentah)		
		Varietas Gajah	Varietas Merah	Varietas Emprit
Dengan mesin	Kuat, khas jahe varietas Gajah	+++	++++	++
Dengan wajan (manual)	Lemah, tidak khas	++	-	-

Keterangan: proses dengan mesin 3 kali ulangan, proses manual tanpa ulangan  
+: mirip, ++ lebih mirip, +++ sangat mirip, ++++ sama



## KESIMPULAN

Prototipe mesin evaporator vakum yang dihasilkan telah dapat digunakan untuk membuat tepung kristal dari ekstrak rimpang jahe segar, dengan lama operasional 3-5 jam menghasilkan tepung kristal dengan kadar air 2,67% dan rendemen rata-rata 59,20%. Warna tepung kristal jahe adalah kuning cerah pada kisaran nilai  $^{\circ}$ Hue  $102^{\circ}$  dan derajat putih 56. Tepung kristal yang dihasilkan mempunyai aroma jahe yang sangat kuat khas seperti rimpang segarnya, dan mempunyai mempunyai rasa pedas yang sama dengan jahe mentah varietas Merah

## DAFTAR PUSTAKA

- Bermawie, N. 2008. *Perkembangan Penelitian Komoditas Biofarmaka*. Seminar Biofarmaka. "Meningkatkan Mutu Produk Biofarmaka Melalui Mekanisasi Pengolahan" Serpong, 16 Desember 2008.
- Harpem, Y. 2005. *Pendugaan Umur Simpan Bubuk Kunyit Putih (Kaempferia rotunda Linn)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Jessica, S. 2007. *Pengaruh Metode Preparasi Tepung Temu Putih (Curcuma zedoaria) terhadap Beberapa Parameter Mutu dan Komponen Aktif*. Skripsi. Universitas Pelita Harapan.
- Paramawati, R., S. Triwahyudi, R.Y. Gultom, Mardison, Wagimin dan I.W. Suarnida. 2006. *Rekayasa Alsin Pengolah Biofarmaka Penyakit Degeneratif*. Laporan Akhir. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- Paramawati, R., R.Y. Gultom, S. Triwahyudi, Mardison, O. Rostiana, S. Herodian, Wagimin, B. Sudirwan, I.W. Suarnida dan A. Mulyono. 2008. *Rekayasa Mesin Pengolah Tepung Kristal Terpadu Komoditas Biofarmaka*. Laporan Tengah Tahun. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- Prasetyo, A.P., dan E. Mulyono. 1987. *Penggunaan Oleoresin Sebagai Bahan Penyedap Makanan dan Minuman*. Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor.
- Rahayu, W.P. 2000. *Aktivitas Antimikroba Bumu Masakan Tradisional Hasil Olahan Industri terhadap Bakteri Patogen dan Perusak*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. XI No 2.
- Rostiana, O. 2006. *Hasil-Hasil Penelitian Tanaman Obat*. Makalah pada Workshop "Penerapan Mekanisasi Pengolahan Biofarmaka untuk Meningkatkan Mutu", Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, 21 Desember 2006.
- Sidik. 2008. *Perkembangan Jamu di Indonesia. Dari Kearifan Lokal Ke Alopatis*. Seminar Biofarmaka. "Meningkatkan Mutu Produk Biofarmaka Melalui Mekanisasi Pengolahan" Serpong, 16 Desember 2008.
- Syukur, C. 2003. *Temu putih tanaman obat antikanker*. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Tejasari, F.R. Zakaria dan D. Sayuthi. 2002. *Aktivitas Stimulasi Komponen Bioaktif Rimpang Jahe (Zingiber officinale Roscoe) pada Sel Limfosit B Manusia secara In Vitro*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol. XIII No.1.
- Trijaya, I.N. *Menuju Produk Biofarmaka Bermutu dan Berdaya Saing*. Seminar Biofarmaka. "Meningkatkan Mutu Produk Biofarmaka Melalui Mekanisasi Pengolahan" Serpong, 16 Desember 2008.
- Zakaria, F.R., dan E. Veronika. 2002. *Pengaruh Ekstrak Jamu terhadap Aktivitas Sel Natural Killer dalam Melisis Alur Sel Leukimia (K-562) secara In Vitro*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol. XIII No.1.

Lampiran 1. Gambar Teknik Mesin Evaporator Vakum

