

PENGERINGAN BENGKUANG MENGGUNAKAN *FREEZE VACUUM DRYING* DENGAN KAPASITAS 1 KG

Roe Dwi Dhewaji¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹roe.dwi@student.unri.ac.id, ²awaludinmartin01@gmail.com

ABSTRACT

Freeze vacuum drying is one of the best drying methods for preserving foodstuffs. Besides being one of the solutions for post-harvest technology, freeze vacuum drying is also able to increase the selling value of an ingredient. This research is a follow-up study of freeze vacuum drying where in previous studies it was found that the maximum water loss is 78% of the mass of 50 g yam with the drying chamber temperature kept at -9°C within 4 hours, using a quick-drying method that utilizes heat from the condenser for secondary drying. In this case, the condenser will be cooled using water, the heat from condenser will be discharged and will be absorbed by water, the water will be flowed into the drying chamber, with the temperature of the water flowing at 40°C. This study aims to develop a freeze vacuum drying method using self-heating system by utilizing heat condenser. The maximum water loss in this study was 77.2% of 1 kg mass at a constant temperature of -6°C for 4 hours, with the energy consumption used 4.73 kWh.

Keyword: Freeze, Vacuum, Drying, Yam.

1. Pendahuluan

Pengeringan adalah metode tertua untuk mengawetkan makanan. Pengeringan makanan adalah proses mengeluarkan air dari makanan dengan mengedarkan udara panas untuk melarang pertumbuhan enzim dan bakteri. Pengeringan merupakan cara yang paling umum untuk mendapatkan makanan dan produk farmasi dari sumber alami [1]. Menurut [2] ada 2 jenis metode pengeringan, yaitu metode pengeringan alami dan mekanik. Metode alami memiliki kekurangan, yaitu tindakannya lambat, dan kualitas yang dapat diandalkan sulit didapat. Kualitas produk yang dikeringkan secara alami berkurang drastis dari produk aslinya [3]. Kriteria kualitas menjadi semakin penting bagi pilihan konsumen. Dengan demikian, produk-produk industri dan bahan-bahan diharapkan untuk menawarkan berbagai sifat yang nyaman (rasa, promosi kesehatan, keamanan, dan lain lain) yang sesuai dengan produk-produk segar [4]. Oleh karena itu, metode alami mulai digantikan menjadi metode mekanik, metode ini efisien, tidak merusak rasa atau tekstur makanan lembut yang digunakan. Kualitas makanan kering dipengaruhi oleh waktu dan suhu yang digunakan dalam proses [5]. Menurut [6] salah satu pengeringan mekanik bernama pengeringan vakum beku diakui sebagai metode pengeringan terbaik tetapi sangat intensif energi. Kemudian di metode pengeringan ini, untuk mendapatkan kualitas pengeringan yang lebih baik, ada sebuah proses yang bernama *secondary drying*, yang mana proses ini sekaligus dapat mengurangi konsumsi energi pada sistem *freeze vacuum drying*, caranya dengan menggunakan *self heating system*. Seperti penelitian [7] yang telah mengusulkan pengembangan *self-heat recuperation technology* dengan memanfaatkan panas buang dari kondensor

melalui media air maupun dengan mengirimkan panas dari kondensor langsung.

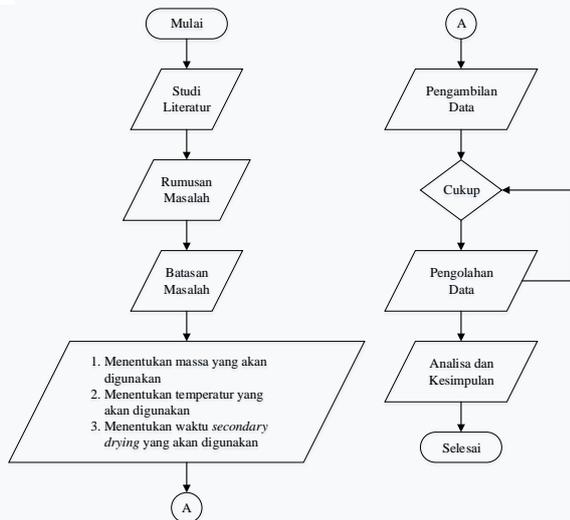
Pada penelitian sebelumnya [8] mampu menghilangkan kadar air pada bengkuang yang di haluskan hingga 62% dalam waktu 24 jam dengan massa bengkuang 50 gram. Kemudian penelitian dilanjutkan oleh [9] dengan memanfaatkan panas buang kondenser untuk mempercepat proses sublimasi, panas buang kondenser yang dihasilkan hingga temperatur 40°C. Setelah itu penelitian dilakukan oleh [10] berhasil menghasilkan menghilangkan kadar air maksimum sebesar 84% pada temperatur bengkuang -9°C dengan waktu *secondary drying* selama 6 jam dan temperatur air yang dialirkan 40°C. Penelitian berikutnya dilakukan oleh [11] untuk mengetahui hasil perbandingan antara quick drying dengan separate drying, dalam penelitian ini mampu menghilangkan kadar air pada bengkuang dengan quick drying sebesar 78% dengan temperatur dijaga -9°C dan pengeringan selama 4 jam.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan baru dengan sistem pemanasan pribadi (*self heating system*) yang memanfaatkan panas kondenser secara langsung. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi yang digunakan pada saat proses pengeringan, yang mana pada proses pengeringan akan divariasikan massa dari bengkuang, temperatur pada ruang pengering dan juga waktu untuk proses *secondary drying*.

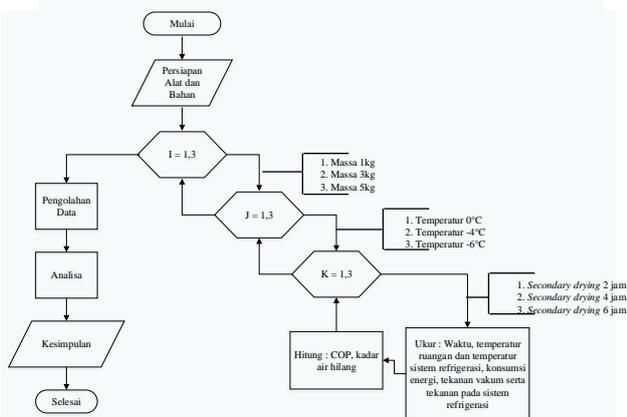
2. Metode

Pada penelitian kali ini yang dijadikan objek penelitian adalah bengkuang. Penelitian ini melakukan variasi terhadap massa bengkuang mulai dari 1kg, 3kg dan 5kg, kemudian variasi terhadap temperatur pada ruang pengering mulai

dari $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ serta variasi waktu pengeringan selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Variasi ini dilakukan untuk mengetahui nilai konsumsi energi pada proses pengeringan. Yang mana akan diketahui selisih nilai konsumsi energi pada setiap variasi yang dilakukan. Dapat dilihat pada gambar 1 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan dan gambar 2 merupakan diagram alir pengambilan data.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Pengambilan Data

Pada gambar 3 merupakan skema pengujian *freeze vacuum drying* yang dilakukan, yang mana pembacaan temperatur refrigerasi dan ruang pengering dilakukan menggunakan termokopel Type K yang dihubungkan ke data akuisisi Omega TC-08 dan Advantech 4718. Kemudian untuk pembacaan konsumsi energi digunakan digital kWh meter.



Gambar 3. Skema Pengujian *Freeze Vacuum Drying*

Keterangan :

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Vacuum Gauge</i> | 2. Omega TC-08 |
| 3. Ruang Pengering | 4. <i>Pressure Gauge</i> |
| 5. kWh Meter | 6. Advantech-4718 |
| 7. Laptop | 8. Pompa Vakum |

Berikut merupakan langkah-langkah untuk siklus kompresi uap [12]:

a. Langkah 1: Proses Kompresi

Proses kompresi berlangsung dari titik 1 ke titik 2. Proses kompresi diasumsikan isentropik sehingga pada diagram tekanan entalpi titik 1 dan titik 2 berada pada satu garis entropi konstan, dan titik 2 berada pada kondisi super panas. Proses kompresi memerlukan kerja dari luar dan entalpi naik dari titik 1 ke titik 2.

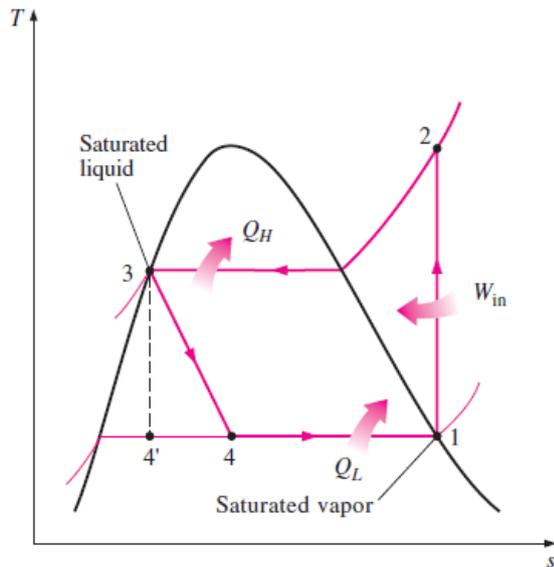
b. Langkah 2: Proses Kondensasi

Proses kondensasi berlangsung dari titik 2 ke titik 3 terjadi pada kondensor, uap panas refrigeran dari kompresor didinginkan oleh udara luar sampai pada temperatur kondensasi dan uap tersebut dikondensasikan. Pada titik 2' merupakan titik refrigeran pada kondisi uap jenuh dengan tekanan dan temperatur kondensasi. Jadi proses 2 menuju 2' merupakan proses pendinginan sensibel dari temperatur kompresi menuju temperatur kondensasi, dan proses 2-3 merupakan proses kondensasi uap dari dalam kondensor. Proses 2-3 terjadi pada tekanan konstan, dan jumlah kalor yang dipindahkan selama proses ini adalah beda entalpi antara titik 2 dan titik 3.

c. Langkah 3: Proses Ekspansi

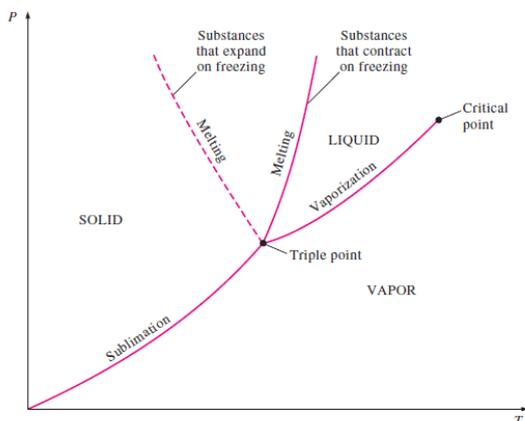
Proses ekspansi berlangsung dari titik 3 ke titik 4. Pada proses tersebut terjadi suatu proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4). Pada saat cairan diekspansikan melalui katup ekspansi atau pipa kapiler menuju evaporator, temperatur refrigeran juga turun dari temperatur kondensasi ke temperatur evaporasi. Proses 3-4 merupakan proses ekspansi adiabatik dimana entalpi fluida tidak berubah sepanjang proses. Refrigeran pada titik 4 berada pada kondisi campuran antara cairan dan uap, dan terjadi penurunan tekanan.

d. Langkah 4: Proses Evaporasi
 Proses evaporasi berlangsung dari titik 4 ke titik 1 adalah proses penguapan refrigerasi pada evaporator serta berlangsung pada tekanan konstan. Pada titik 1 seluruh refrigeran berada pada kondisi uap jenuh. Selama proses 4-1 entalpi refrigeran naik akibat penyerapan kalor dari ruang refrigerasi. Besarnya kalor yang diserap adalah beda entalpi antara titik 1 dan titik 4 dan biasa disebut efek pendinginan. Penjelasan siklus refrigerasi kompresi uap dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Siklus Kompresi Uap

Prinsip kerja dari sistem *freeze vacuum drying* ini adalah merubah fase bahan dari liquid menjadi solid, kemudian dilakukan proses sublimasi pada bahan dengan mengubah fase padat menjadi fase uap tanpa melalui proses cair terlebih dahulu dengan cara penurunan tekanan hingga keadaan vakum. Prinsip kerja ini dapat dilihat pada diagram fasa air pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram Fase Air

Untuk mengetahui efisiensi dari siklus pendingin yang digunakan pada alat *freeze vacuum drying*, maka digunakan persamaan *coefficient of performance* sebagai berikut :

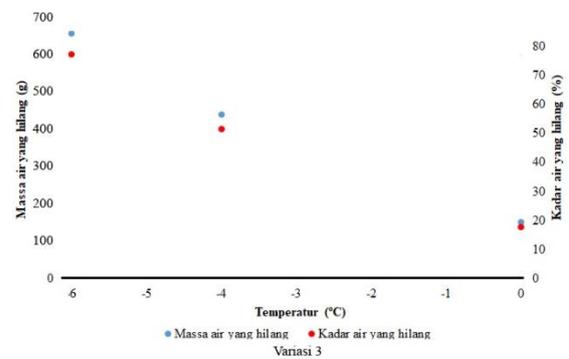
$$COP = \frac{\text{Cooling Effect}}{\text{Work Input}} \quad (1)$$

Berdasarkan [13] kandungan air pada benguang sebanyak 85%. Maka untuk menghitung kadar air yang hilang pada benguang digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{kadar air yang hilang} = \frac{\text{massa air yang hilang}}{\text{massa air sebelum pengujian}} \times 100\% \quad (2)$$

3. Hasil

Hasil pengujian pada variasi 3, seperti yang ditunjukkan Gambar 6 dengan dialirkan kalor kedalam ruang pengering selama 4 jam memberikan hasil pengeringan yang lebih optimum.



Gambar 6. Grafik Variasi 3 Massa 1 kg

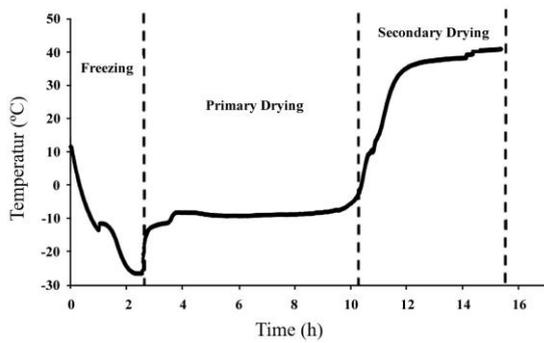
Pada variasi ini dilakukan pengujian *freeze vacuum drying* benguang dengan massa bahan sebesar 1 kg, dimana temperatur dan tekanan di dalam ruang pengering turun bersamaan hingga temperatur -6°C , -4°C , dan 0°C . Kemudian setelah tercapai, dilakukan proses *secondary drying*, yaitu dengan cara memberikan kalor langsung dari kondensor kedalam ruang pengering melalui rak pengering. Waktu yang dilakukan selama pengujian pada variasi ini yaitu 4 jam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Pengeringan Selama 4 Jam

| No | Variasi | Massa sesudah pengujian (g) | Massa air yang hilang (g) | Kadar air yang hilang (%) | Konsumsi Energi (kWh) | COP |
|----|---------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| 1 | -6 | 344 | 656 | 77,2 | 4,73 | 12,27 |
| 2 | -4 | 561 | 439 | 51,6 | 4,51 | 7,7 |
| 3 | 0 | 849 | 151 | 17,8 | 3,83 | 3,43 |

4. Pembahasan

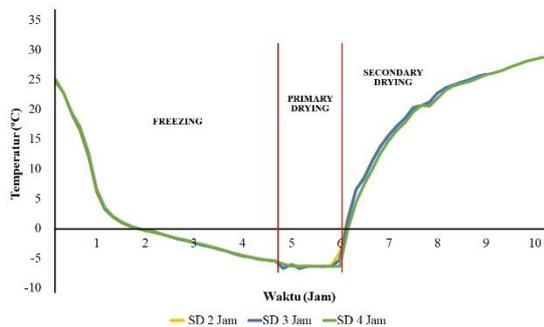
Pada proses *freeze vacuum drying* terdiri dari 3 tahap seperti yang dapat dilihat pada gambar 7 sebagai berikut [14] :



Gambar 7. Karakteristik Proses Freeze Vacuum Drying

Proses 1 merupakan proses *freezing*, merupakan proses pembekuan yang terjadi pada bahan. Kemudian proses 2 merupakan proses *primary drying*, merupakan proses pengeringan utama. Dan yang terakhir merupakan proses *secondary drying*, merupakan proses pengeringan kedua, dengan cara penguapan, yaitu memberikan kalor kedalam ruang pengering sehingga kadar air yang tersisa akan mengalami penguapan.

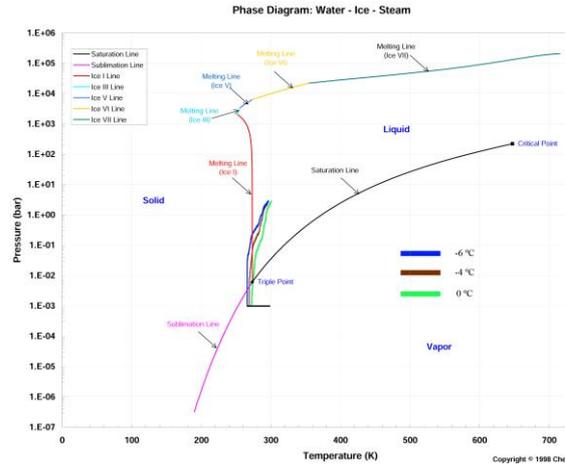
Berdasarkan hasil pengujian, ada beberapa variasi waktu *secondary drying* yang dilakukan, yaitu selama 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Maka didapatkan hasil seperti Gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Proses Freeze Vacuum Drying pada -6°C

Dari gambar 8 yaitu grafik temperatur vs waktu yang merupakan hasil pengujian variasi temperatur -6°C. Dapat dilihat bahwa temperatur konstan proses *secondary drying* belum didapatkan. Dengan kata lain hasil pengeringan maksimum akan didapatkan apabila waktu pengeringan *secondary drying* dilakukan lebih lama lagi.

Kemudian dari pengujian juga didapatkan diagram fase air seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 yang menunjukkan terjadinya proses *freeze vacuum drying* yang dilakukan dengan temperatur 0°C, -4°C, dan -6°C.



Gambar 9. Diagram Fasa Air Pengujian

Fenomena yang terjadi yaitu semakin panjang garis sublimasi yang terjadi pada benguang maka akan semakin banyak kadar air yang hilang. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengujian yaitu pengaruh temperatur lingkungan, waktu untuk proses *secondary drying*, pengaruh dari rata-rata benguang yang sudah di blender terhadap permukaan wadah sehingga hasil pengeringan yang diperoleh berbeda. Salah satu gambar menunjukkan benguang sebelum dan sesudah dikeringkan ialah seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 sebagai berikut.



Gambar 10 (a) Benguang Sebelum Dikeringkan dan (b) Benguang Sesudah Dikeringkan

Daftar Pustaka

- [1] Figiel, Adam, Anna Michalska. 2016. "Overall Quality of Fruits and Vegetables Products Affected by the Drying Processes with the Assistance of Vacuum-Microwaves". *Int. J. Mol. Sci.* 2017, 18, 71; doi:10.3390/ijms18010071
- [2] Ahmed, Naseer. 2013 "Different Drying Methods: Their Applications and Recent Advances" *International Journal of Food Nutrition and Safety*, 4(1): 34-42.
- [3] Ratti, C "Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review" *Journal of Food Engineering*, vol. 49, no. 4, pp. 311- 319, 2001
- [4] Ciurzyńska, Agnieszka, Andrzej Lenart. 2010. "Freeze-Drying – Application in Food Processing and Biotechnology – A Review". *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2011, Vol. 61, No. 3, pp. 165-171. DOI: 10.2478/v10222-011-0017-5

- [5] Taylor & Francis. 2015. "Drying Technologies of Foods -Their History and Future" An International Journal, 7:2, 315-369, DOI: 10.1080/07373938908916590.
- [6] Liapis, A.I., M. J. Pikal, R. Bruttini. 1995. *Freeze Drying in A.S Mujumdar. Handbook Of Industrial Drying*. Vol 1. Marcel Dekker, USA.
- [7] Bando, Kenta. 2016. "A Novel Freeze Drying Process by Using Self-Heat Recuperation Technologys" Chemical Engineering Transactions, Vol : 52, 31 - 36 DOI : 10.3303/CET1652006
- [8] Januari, Awal. 2014. "Pengeringan Bengkuang Dengan Sistem Pengeringan Beku Vakum (*Vacuum Freeze Drying System*)"
- [9] Brama, Jaka. 2014. "Pengeringan Beku Vakum Bengkuang Dengan Memanfaatkan Panas Buang Kondensor Untuk Proses Sublimasi"
- [10] Martin, awaludin. 2015. "Pemanfaatan Panas Buang Kondenser pada Pengering Beku Vakum"
- [11] Martin, Awaludin. 2016. "*Freeze Vacuum Drying With Utilized Waste Heat of condenser by Quick Drying Method*"
- [12] Cengel, Yunus A. 2016. *Thermodynamics An Engineering Aproach. Book*. Eight Edition. McGraw-Hil.
- [13] Sorensen, Martin. 1996. *Yam bean (Pachyrhizus DC)*. ISBN 92-9043-282-9
- [14] Alhamid, M. Idrus, M. Yulianto, Nasruddin, Engkos A. Kosasih, 2012, *Development of a Compact Vacuum Freeze Drying for Jelly Fish (Schypomedusae)*, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 58 Suppl 2, 25–32.