

Pemanfaatan Metode Pengeringan Dehumidifikasi Untuk Membantu Proses Produksi Bubuk Jahe Kelompok PKK Dauh Peken Tabanan

Sudirman ^{1*}, I D. M. Cipta Santosa ², I Nengah Ardita ³, I Made Sudana ⁴, Made Ery Arsana ⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Indonesia

*Corresponding Author: dirmansdr@pnb.ac.id

Abstrak: Makalah ini membahas tentang metode perubahan pengeringan Jahe yang konvensional yang dilakukan oleh kelompok PKK Tunggal Sari Dauh Peken Tabanan, dengan metode pengeringan sistem dehumidifikasi. Metode pengeringan jahe konvensional membutuhkan waktu 3 hari sampai 11 hari tergantung cuaca. Saat proses produksi juga memanfaatkan panas tinggi dari kompor. Hal tersebut mengakibatkan kandungan gingerolnya rendah akibat proses pengeringan pada suhu tinggi. Oleh karena itu ditawarkan pengeringan metode dehumidifikasi, yaitu proses pengeringan jahe dengan suhu rendah agar kandungan (n)gingerol, zingerone dan (n) shogaol tidak rusak selama proses pengeringan. Prinsip alat tersebut adalah dengan cara mengambil atau menguapkan kandungan air pada jahe segar, kemudian uap air tersebut dikondensasikan di evaporator dan dibuang keluar mesin sudah berwujud air. Pengujian mesin pengering dehumidifikasi dilakukan dengan 3 kali proses. Menghasilkan pengurangan bobot jahe sebesar 80 persen dengan kadar air 10,8 persen. Semua proses pengeringan dilakukan selama 7 jam.

Keywords: jahe, pengeringan konvensional, metode dehumidifikasi, pompa kalor

Abstract: This paper discusses the conventional method of changing ginger drying carried out by the PKK Tunggal Sari Dauh Peken Tabanan group, using the dehumidification system drying method. The conventional ginger drying method takes 3 days to 11 days depending on the weather. During the production process also take advantage of the high heat from the stove. This resulted in low gingerol content due to the drying process at high temperatures. Therefore, dehumidification method is offered, namely the drying process of ginger at low temperatures so that the content of (n)gingerol, zingerone and (n) shogaol is not damaged during the drying process. The principle of the machine is to take or evaporate the water content from fresh ginger, then the water vapor is condensed in the evaporator and thrown out of the machine already in the form of water. Testing of the dehumidification dryer machine is done by 3 times the process. Resulted in an 80 percent reduction in the weight of ginger with a water content of 10.8 percent. All drying is carried out for 7 hours.

Keywords: ginger, conventional drying, dehumidification method, heat pump

Informasi Artikel: Pengajuan 16 Agustus 2021 | Revisi 20 Agustus 2021 | Diterima 13 September 2021

How to Cite: Sudirman, Santosa, I D. M. C., Ardita, I. N., Sudana, I M., & Arsana, M. E. (2021). Pemanfaatan Metode Pengeringan Dehumidifikasi Untuk Membantu Proses Produksi Bubuk Jahe Kelompok PKK Dauh Peken Tabanan. *Bhakti Persada Jurnal Aplikasi IPTEKS*, 7(2), 102-110.

Pendahuluan

Dalam dunia industri, proses pengering memiliki peranan yang sangat penting. Proses pengeringan dalam aplikasinya dapat dilakukan dengan cara yang berbeda-beda, tergantung pada kebutuhan dimana sistem tersebut diterapkan. Pada industri pangan proses pengeringan digunakan untuk pengawetan makanan yaitu dengan cara mengurangi kadar air sampai batas tertentu pada makanan tersebut, untuk disimpan dalam beberapa waktu (Anisah et al., 2015). Makanan yang dimaksud biasanya berupa sayuran atau buah-buahan yang banyak mengandung air seperti jahe, kacang tanah, brokoli, anggur, strawberry dan lain-lain. Proses pengeringan dapat juga dilakukan dengan mengalirkan udara panas pada bahan dalam ruang tertutup (closed drying). Banyak keunggulan pengeringan jenis tertutup yakni bahan bersih, warna alami, kontaminasi bahan pengotor rendah dan rasa lebih baik (Singh et al., 2019). Pengeringan yang terlampau cepat dapat merusak bahan, oleh karena permukaan bahan terlalu cepat kering sehingga kurang bisa diimbangi dengan kecepatan gerakan air di dalam bahan yang menuju permukaan bahan tersebut. Di sisi lain, operasional pengeringan dengan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak bahan (Patel, Atul H, Shah, S.A., Bharga, 2018)

Jahe mengandung phytochemical group, (n) gingerol, zingerone, dan (n) shogaol yang berfungsi sebagai antioksidan dan anti kanker. 6-Gingerol memiliki sifat sensitive terhadap temperatur dan dapat berubah apabila dikeringkan pada temperatur tinggi dalam waktu yang lama (Chapchaimoh et al., 2016). Banyak produk jahe kering yang kandungan gingerolnya rendah akibat proses pengeringan pada suhu tinggi (Phoungchandang & Saentaweasuk, 2011). Oleh karena itu pada proses pengeringan jahe diperlukan pengering dengan suhu

rendah agar kandungan (n)gingerol, zingerone dan (n) shogaol tidak rusak selama proses pengeringan. Oleh karena itu diperlukan suatu mesin pengering dengan suhu pengeringan yang rendah (Braun et al., 2002)

Pengeringan adalah salah satu cara pengawetan yang dilakukan dengan cara menurunkan kelembaban (Sansaniwal & Kumar, 2015). Ada beberapa metoda pengeringan yang bisa dilakukan yaitu secara konvensional, dengan tenaga matahari, dehidrator dan menggunakan mesin kalor (Patel, Atul H, Shah, S.A., Bharga, 2018). Keunggulan mesin kalor untuk proses pengeringan antara lain kemampuannya untuk mengontrol temperatur dan kelembaban, sehingga dapat diatur untuk berbagai kondisi pengeringan. Pemanfaatan dehumidifier untuk proses pengeringan yang mengkombinasikan mesin kalor dan pengering dapat mengurangi kalor laten dan kalor sensible (Yin et al., 2008), sehingga kemampuan thermalnya akan meningkat dan pengontrolan kondisi udara masuk lebih efektif (Patel & Kar, 2012).

Keunggulan dari pengering dehumidifier dibandingkan pengering konvensional adalah higienis, mudah melakukan pengontrolan temperatur dan kelembaban udara pengering sehingga dapat dipergunakan pada kisaran temperatur yang luas (Gürel & Ceylan, 2014). Selain itu kualitas produk yang dikeringkan lebih baik, tidak tergantung pada kondisi cuaca luar serta tidak menghasilkan asap yang mengotori atmosfer (Abeyrathna et al., 2020). Warna dan aroma dari produk yang dikeringkan dengan pengering dehumidifier juga lebih baik dibandingkan dengan pengering temperatur tinggi (Fayose & Huan, 2016). Untuk jahe pengeringan 2 tingkat pada temperatur 40oC dengan pengering dehumidifier memberikan hasil kandungan 6 gingerol lebih tinggi 6% dan waktu pengeringan lebih pendek 59,32% (Sansaniwal & Kumar, 2015). Obat-obatan herbal harus dikeringkan pada temperature rendah (sekitar 30-45oC) (Liu et al., 2006) dan kelembaban yang rendah untuk mempertahankan khasiatnya sebagai tanaman obat, karena pengeringan pada temperatur tinggi akan merusak struktur kimia tanaman (Aravindan et al., 2017).

Menurut (Phoungchandang & Saentaweasuk, 2011), beberapa parameter yang mempengaruhi lama waktu yang dibutuhkan pada proses dehumidifikasi antara lain:

- a. Suhu udara pengeringan
- b. Kelembaban relative (RH) udara pengering
- c. Kecepatan aliran udara pengering
- d. Kelembaban Spesifik
- e. Kadar air bahan

Metode

Pengeringan Jahe segar yang dilakukan oleh masyarakat, terutama oleh kelompok PKK Tunggalsari Dauh Peken Tabanan, dilakukan dengan metode Konvensional. Yaitu Jahe segar dikupas dan dihancurkan kemudian diletakkan pada wadah dari kulit bambu (tempeh) untuk dijemur dibawah terik matahari. Jahe segar dijemur selama 3 sampai 4 hari, jika matahari bersinar terik. Jika cuaca mendung, dibutuhkan waktu yang lebih lama lagi. Setelah jahe segar tersebut kering, kemudian jahe kering disangrai diatas kompor, kemudian di blender dijadikan bubuk jahe.

Dari proses pembuatan bubuk jahe diatas, permasalahan-permasalahan yang ada di kelompok PKK Tunggalsari adalah:

- a. Pengeringan jahe segar membutuhkan waktu yang lebih dari sehari.
- b. Proses pengeringan dilingkungan terbuka dibawah sinar matahari, berpotensi jahe yang dijemur kemasukan kotoran.
- c. Proses pembuatan juga melibatkan panas yang tinggi juga akan mengakibatkan kandungan gingerolnya rendah akibat proses pengeringan pada suhu tinggi (Marnoto et al., 2012). Oleh karena itu pada proses pengeringan jahe diperlukan pengering dengan suhu rendah agar kandungan (n) gingerol, zingerone dan (n) shogaol tidak rusak selama proses pengeringan.

Pengeringan dengan memanfaatkan teknologi *heat pump*, yaitu menggunakan metode dehumidifikasi. Menghasilkan manfaat sebagai berikut:

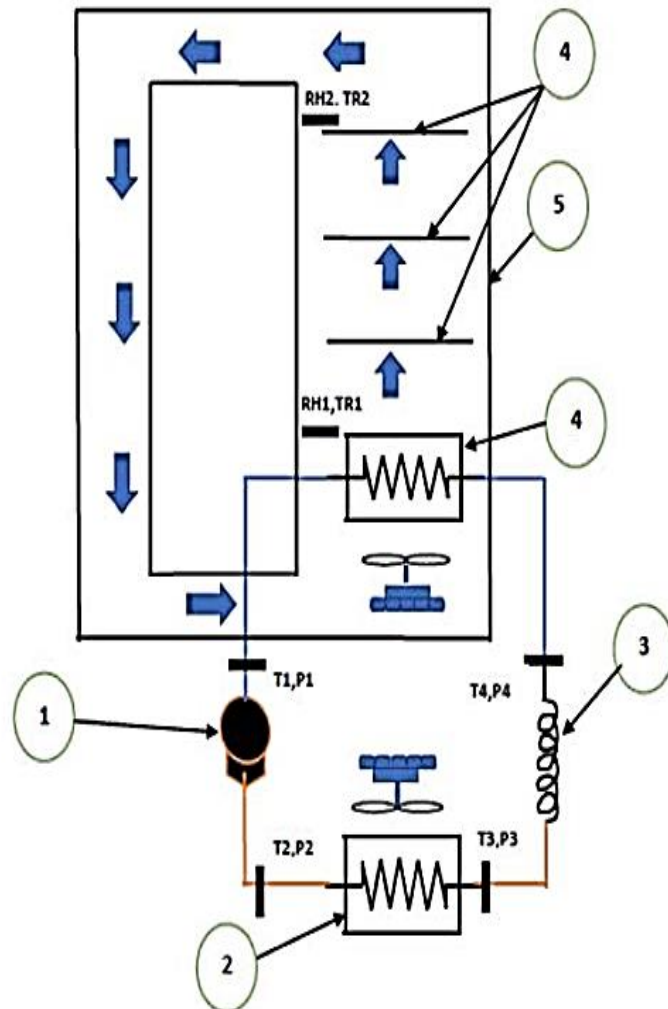
- a. Waktu yang diperlukan untuk proses pengeringan dengan menggunakan mesin pengering dehumidifier hanya sekitar 6-7 jam. Jadi setiap hari bisa menghasilkan irisan jahe kering yang siap dijadikan bubuk.
- b. Dengan menggunakan mesin pengering dehumidifier juga irisan jahe akan sangat higienis, karena dikeringkan dalam ruangan tertutup. Tidak akan terkontaminasi oleh debu atau kotoran. Sedangkan jika dibandingkan dengan system konvensional kemungkinan terkontaminasi debu dan kotoran lebih besar.
- c. Penggunaan mesin pengering dehumidifier ini, menghasilkan jahe kering dengan tidak mengurangi aroma dan tekstur jahe yang dikeringkan. Kelompok pengguna akan mendapatkan produk jahe yang berbeda dengan produk bubuk jahe dari produsen yang lain. Sehingga ini menjadi ciri khas produk jahe bubuk kelompok PKK Tunggalsari dan menjadi produk unggulan nantinya, baik unggulan di desa Dauh Peken maupun unggulan Kabupaten Tabanan.
- d. Penggunaan mesin pengering dehumidifier tidak mengenal musim, bisa digunakan setiap saat.

Dari perbandingan yang ada tersebut diatas, maka kami usulkan untuk proses pengeringan dengan menggunakan alat pengering dengan metode dehumidifikasi. Prinsip alat tersebut adalah dengan cara mengambil atau menguapkan kandungan air pada jahe segar

Metode pengeringan sistem dehumidifikasi yang diaplikasikan seperti pada Gambar 1 di bawah ini. Dengan memanfaatkan teknologi *heat pump*, yang komponen utamanya terdiri dari kompresor, kondensor, pipa kapiler (katup ekspansi) dan evaporator.

Keterangan:

1. Kompresor
 2. Kondenser dan Fan
 3. Pipa Kapiler
 4. Evaporator dan Fan
 5. Ruang Pengering
 6. Rak penyimpanan Jahe
- RH = Kelembaban Relatif
 T = Temperatur
 P = Tekanan



Gambar 1. Skematik teknologi yang digunakan

Mesin Pengering ini terbagi menjadi 2 sisi, sisi pertama sebagai tempat rak pengering dari jahe segar, sedangkan sisi lainnya berfungsi sebagai saluran udara balik menuju evaporator yang akan kembali didinginkan oleh evaporator. Udara yang didinginkan evaporator akan berkurang kelembabannya dihembuskan ke rak pengering. Jahe yang diletakkan pada rak pengering akan mengalami dehumidifikasi, yaitu kelembaban yang dikandung oleh jahe akan diambil oleh udara kering yang lewat sekelilingnya. Udara yang menyerap uap air dari jahe akan dialirkan kembali ke evaporator. Demikian seterusnya sampai Jahe segar yang ada di rak pengering akan menjadi kering.

Hasil dan Pembahasan

Kelompok PKK Tunggal Sari dengan ketuanya Ibu Siti Zahra, S.Pd mempunyai anggota 155 orang. Kegiatan yang mereka adakan berupa arisan setiap bulan, santunan kepada kaum duafa, pengajian diadakan seminggu sekali secara bergilir di rumah anggota. Dan mereka mempunyai kegiatan untuk menambah kas kelompok PKK Tunggal Sari

dengan memproduksi Jahe Bubuk dan Kunyit Bubuk. Pemasaran dilakukan di warung-warung dan toko-toko yang ada disekitar wilayah desa Dauh Peken.



Gambar 2. Sekretariat dan ibu-ibu PKK dalam salah satu acara lomba kebersihan

Proses produksi dari bubuk jahe yang dilakukan oleh Kelompok PKK Tunggalsari, dengan memproses 1 Kg Jahe segar, menghasilkan bubuk Jahe seberat skitar 200 gr bubuk jahe kering, adalah sebagai berikut:

1. Jahe yang dibeli, dibersihkan dan dipotong tipis-tipis secara manual menggunakan pisau dapur. Setelah terpotong kecil-kecil, dimasukkan ke mesin blender untuk dihancurkan. Kemudian ditempatkan yang ceper untuk siap dijemur.



Gambar 3. Irisan jahe yang dihancurkan dan dijemur

2. Kemudian dijemur dibawah sinar matahari, sebelumnya diberi alas. Jika matahari bersinar dengan terik, proses penjemuran memakan waktu sekitar 3 atau 4 hari. Tetapi jika cuaca mendung atau musim hujan bisa mencapai 10 atau 11 hari.



Gambar 4. Jahe saat baru di jemur dan jahe yang sudah kering

3. Jahe yang sudah kering dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam baki. Dan jahe kering disangrai dengan api yang sangat kecil selama 10 menit.



Gambar 5. Jahe kering dan jahe kering disangrai

4. Jahe yang kering kemudian dimasukkan ke blender untuk dihaluskan.



Gambar 6. Jahe sehabis disangrai dihaluskan di blender

5. Serbuk Jahe yang sudah jadi, kemudian dikemas dalam plastik kemasan sederhana.



Gambar 7. Jahe dan Kunyit halus dan dikemas di plastik kemasan

Alat yang didesiminasikan kepada kelompok PKK Tunggalsari Dauh Peken Tabanan, telah dibuat di workshop mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Adapun tampilan dari alat tersebut seperti pada Gambar 8.

Jahe yang akan dikeringkan dibersihkan dari kotoran tanah yang masih menempel dan kulitnya dikupas. Selanjutnya diiris tipis-tipis. Jahe segar basah kemudian ditimbang seberat 500 gram untuk ditempatkan pada 6 rak pengering yang ada di ruang pengering.



Gambar 8. Alat pengering jahe sistem dehumidifikasi



Gambar 9. Jahe iris segar ditimbang dan diletakkan ditakkan pada rak pengering

Selesai ditimbang dan jahe segar ditempatkan ke setiap rak, mesin pengering siap untuk dihidupkan.



Gambar 10. Jahe segar didalam alat pengering jahe sistem dehumidifikasi

Alat ini bekerja dengan suhu seting 40°C dengan *ON/OFF Control* dan pada kelembaban diseting pada 50%. Jahe segar dikeringkan selama 7 jam. Hasil jahe kering ditimbang kembali untuk mengetahui berat kering. Kemudian dihancurkan menjadi bubuk jahe, untuk diukur kadar airnya dengan *Moisture meter*.



Gambar 11. Jahe kering ditimbang kemudian diblender untuk diukur kadar air jahe bubuk hasil pengeringan

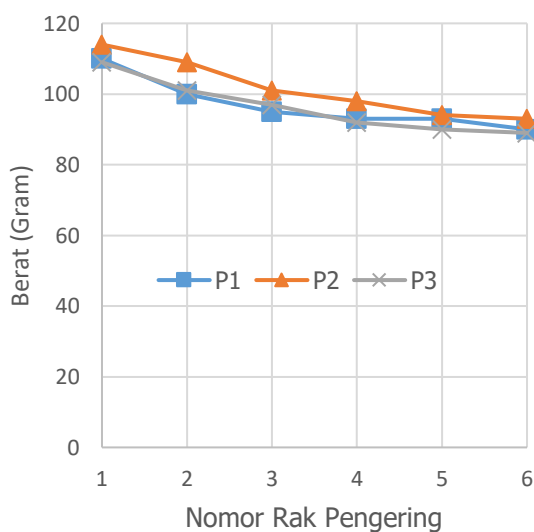
Mesin pengering jahe ini dicoba dengan 3 kali percobaan, setiap percobaan dilakukan selama 7 jam. Ada 6 rak pengering, diisi dengan jahe segar sebanyak 500 gram. Jadi jahe yang dikeringkan selama percobaan sebanyak 3 Kg. Setelah 7 jam, setiap akan ditimbang untuk mengetahui seberapa besar terjadi pengurangan bobot jahe. Untuk memudahkan pengukuran kadar jahe kering, jahe yang sudah dikering pada setiap percobaan dijadikan bubuk

dengan alat blender. Dengan alat *moisture meter* jahe bubuk diukur kadar airnya. Hasil percobaan ditampilkan dalam bentuk tabel seperti pada Tabel 1.

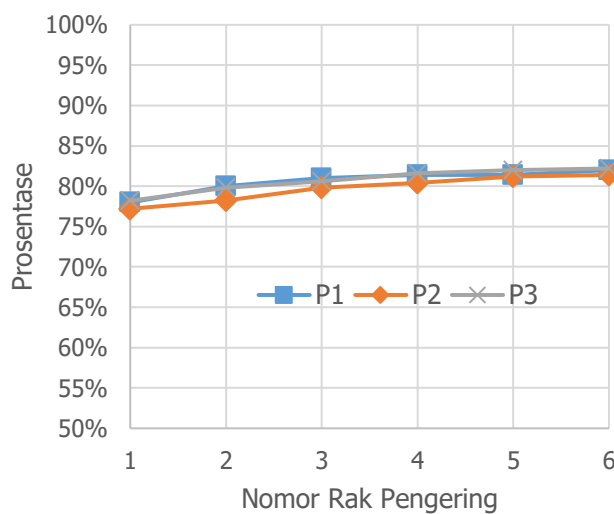
Tabel 1. Hasil 3 kali Percobaan menggunakan mesin pengering Jahe sistem dehumifikasi

Percobaan	Rak	Berat jahe segar (Gram)	Jahe kering (Gram)	Pengurangan bobot jahe (Gram)	Prosentase pengurangan bobot jahe	Kadar air (%)
1	1	500	110	390	78%	11
	2	500	100	400	80%	
	3	500	95	405	81%	
	4	500	93	407	81%	
	5	500	93	407	81%	
	6	500	90	410	82%	
2	1	500	114	386	77%	11,5
	2	500	109	391	78%	
	3	500	101	399	80%	
	4	500	98	402	80%	
	5	500	94	406	81%	
	6	500	93	407	81%	
3	1	500	109	391	78%	10
	2	500	101	399	80%	
	3	500	97	403	81%	
	4	500	92	408	82%	
	5	500	90	410	82%	
	6	500	89	411	82%	

Dari Tabel 1 hasil percobaan, dibuatkan grafik-grafik di bawah ini untuk memudahkan analisa hasil percobaan.

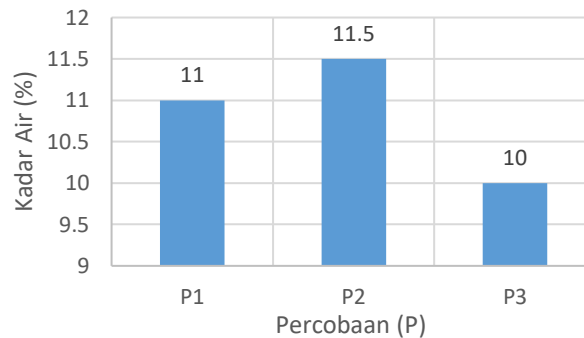


Gambar 12. Grafik berat jahe setelah dikeringkan



Gambar 13. Grafik Prosentase pengurangan bobot jahe basah

Hasil percobaan yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang cukup memuaskan. Dimana bobot kering dari jahe tersebut berkurang dari 386 gram sampai 411 gram dari berat jahe segar setiap rak 500 gram. Rata-rata bobot jahe segar berkurang 401.8 gram. Jika diprosentasikan pengurangan berat jahe segar yang dikeringkan antara 77 % sampai 82%, rata-rata pengurangan 80%. Dari rak pengering yang ada, rak nomor 6 menunjukkan hasil yang paling besar untuk penurunan bobot jahe segar, hal tersebut terjadi, karena rak nomor 6 terbawah dan paling dekat dengan pemanas ruang pengering. Sehingga hasil rak nomor 6 yang paling bagus dibandingkan dengan rak-rak di atasnya.



Gambar 14. Grafik hasil kadar air jahe kering

Kadar air bubuk jahe yang dihasilkan dalam 3 percobaan, semua menunjukkan hasil yang cukup mengembirakan, yaitu diantara 10% sampai 11,5%, walaupun masih ada yang diatas 10%. Atau rata-rata 10,8%. Dimana untuk kadar air bubuk jahe yang akan disimpan dalam jangka waktu 12 bulan, maksimal kadar airnya 10% (Nafis et al., 2018). Karena kalau kadar airnya lebih dari 10%, jahe bubuk tersebut akan mudah diserang jamur dan hama (serangga).

Selain pengaruh kadar air, supaya bubuk jahe tidak mudah terserang jamur, bubuk jahe harus dikemas dengan baik, harus bersih dan tertutup rapat. Tempat penyimpanan kemasan bubuk jahe juga harus ada sirkulasi udara dan tidak lembab.

"Program PKM ini sangat bermanfaat bagi masyarakat industry kecil, terutama untuk kelompok masyarakat yang dituju sebagai tempat lokasi pengabdian ini", begitu yang diungkapkan oleh ketua PKK Tungalsari Dauh Peken.

Simpulan

Proses pengeringan jahe dengan alat pengering sistem dehumidifikasi selama 7 jam, menunjukkan hasil yang memuaskan. Rata-rata pengurangan bobot jahe segar sebesar 80%. Dan alat ini, menghasilkan bubuk jahe dengan kadar air 10,8%. Untuk menurunkan kadar air bubuk jahe di bawah 10%, lama pengeringan harus di atas 7 jam. Proses pengeringan dengan mesin ini, selain hasil jahe kering lebih higienis, juga tidak memerlukan waktu berhari-hari, dibandingkan dengan proses pengeringan konvensional, yang tergantung dari cuaca diluar.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dihaturkan kepada Politeknik Negeri Bali, lewat Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai penyandang dana kegiatan ini, sehingga kegiatan ini bisa berjalan dengan baik.

References

- Abeyrathna, R., Ekanayake, A. C., & Amaratunga, S. (2020). Industrial Robotic Arm for Chilli Milling Process. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(12), 130–133. <https://doi.org/10.35940/ijitee.l7932.1091220>
- Anisah, Y., Hamzah, F., & Tiyasmihadi, T. (2015). Rancang Bangun Mesin Pengering Bibit Jahe Merah Menggunakan Sistem Blower di PT YRS. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*, 2654.
- Aravindan, V., Dineshkumar, A., Giriprasath, B., Karthikeyan, V., & Ebenezer, D. (2017). Moisture removal rate of solar dryers – A review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 7, 218–224.
- Braun, J. E., Bansal, P. K., & Groll, E. A. (2002). Energy efficiency analysis of air cycle heat pump dryers. *International Journal of Refrigeration*, 25(7), 954–965. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(01\)00097-4](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(01)00097-4)
- Chapchaimoh, K., Poomsa-Ad, N., Wiset, L., & Morris, J. (2016). Thermal characteristics of heat pump dryer for ginger drying. *Applied Thermal Engineering*, 95, 491–498. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.09.025>
- Fayose, F., & Huan, Z. (2016). Heat pump drying of fruits and vegetables: Principles and potentials for Sub-

- Saharan Africa. *International Journal of Food Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9673029>
- Gürel, A. E., & Ceylan, I. (2014). Thermodynamic analysis of PID temperature controlled heat pump system. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2013.11.002>
- Liu, X. H., Zhang, Y., Qu, K. Y., & Jiang, Y. (2006). Experimental study on mass transfer performances of cross flow dehumidifier using liquid desiccant. *Energy Conversion and Management*, 47(15–16), 2682–2692. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2005.10.035>
- Marnoto, T., Sulistyowati, E., & Syahri, M. (2012). The Characteristic of Heat Pump Dehumidifier Drier in the Drying of Red Chili (*Capsium annum L.*). *International Journal of Science and Engineering*, 3(1), 22–25. <https://doi.org/10.12777/ijse.3.1.22-25>
- Nafis, N. B. M., Abbas, Z., Hassan, J., Suhaime, N., Yee, L. K., Yeow, Y. K., & Othman, Z. (2018). Microcontroller-based moisture meter for ginger. *Sains Malaysiana*, 47(11), 2831–2840. <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4711-26>
- Patel, Atul H, Shah, S.A., Bharga, H. (2018). Review on Solar Dryer for Grains, Vegetables and Fruits. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(1), 1–7.
- Patel, K. K., & Kar, A. (2012). Heat pump assisted drying of agricultural produce - An overview. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 142–160. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0334-z>
- Phoungchandang, S., & Saentaweek, S. (2011). Effect of two stage, tray and heat pump assisted-dehumidified drying on drying characteristics and qualities of dried ginger. *Food and Bioprocess Processing*, 89(4), 429–437. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.07.006>
- Sansaniwal, S. K., & Kumar, M. (2015). Analysis of ginger drying inside a natural convection indirect solar dryer: An experimental study. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 9(March 2016), 1671–1685. <https://doi.org/10.15282/jmes.9.2015.13.0161>
- Singh, A., Sarkar, J., & Sahoo, R. R. (2019). Comparative analyses on a batch-type heat pump dryer using low GWP refrigerants. *Food and Bioprocess Processing*, 117(2008), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.06.009>
- Yin, Y., Zhang, X., Wang, G., & Luo, L. (2008). Experimental study on a new internally cooled/heated dehumidifier/regenerator of liquid desiccant systems. *International Journal of Refrigeration*, 31(5), 857–866. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2007.10.004>