

PENGARUH PERENDAMAN, WAKTU DAN KETEBALAN PADA PENGERINGAN JAHE PUTIH (*Zingiber officinale var. Amarum*) MENGGUNAKAN TRAY DRYER DAN SOLAR DRYER

Maharani Tri Wardhani, Siska Nuri Fadilah, Andika Prastika, I Made Arimbawa, Achri Isnan
Khamil, Rizki Fitria Darmayanti, Maktum Muharja
Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jalan Kalimantan Tegalboto No. 37,
Kecamatan Sumbersari, Jember 68121, Jawa Timur, Indonesia
maharaneetriwardhani@gmail.com ; [\[maktum@unej.ac.id\]](mailto:maktum@unej.ac.id)

ABSTRAK

Jahe merupakan salah satu rempah-rempah dengan tingkat produksi tertinggi di Indonesia. Jahe termasuk bahan yang mudah rusak dan tidak tahan lama, salah satu cara pengolahan jahe adalah dengan metode pengeringan untuk menjaga kualitas jahe. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perendaman terhadap kadar air, pengaruh waktu dan dimensi ketebalan jahe terhadap laju pengeringan. Metode yang digunakan adalah metode pengeringan *tray dryer* dan pengeringan konvensional menggunakan sinar matahari (*solar drying*). Penelitian ini menggunakan variabel waktu perendaman 10, 15, 20, 25 jam, waktu pengeringan 60, 90, 120 dan 150 menit serta variabel ketebalan bahan 2, 4, 6, dan 8 mm. Hasil penelitian menunjukkan kadar air terendah sebesar 1.0785 g didapatkan saat perendaman 25 jam. Laju pengeringan optimum menggunakan *tray dryer* sebesar 0,433 g/menit pada waktu 60 menit dan ketebalan 2 mm. Laju pengeringan optimum menggunakan *solar dryer* didapatkan saat pengeringan selama 90 menit yaitu 0,167 g/menit dan ketebalan 2 mm sebesar 0,133 g/menit. Kualitas pengeringan menggunakan *tray dryer* lebih baik jika dibandingkan dengan *solar dryer* ditinjau dari warna dan tingkat kekeringan jahe. Dengan demikian, metode ini dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan proses pengeringan jahe secara efisien.

Kata kunci: jahe, pengeringan, solar dryer, tray dryer

ABSTRACT

Ginger is one of the spices with the highest production level in Indonesia. Ginger is a perishable material and not durable, one way of processing ginger is by drying methods to maintain the quality of ginger. This study aims to determine the effect of soaking on moisture content, the effect of time, and ginger thickness dimension on drying rate. The methods used were the tray dryer drying method and conventional drying using sunlight (solar drying). This study used variable soaking times of 10, 15, 20, and 25 hours, drying times of 60, 90, 120, and 150 minutes and variable material thicknesses of 2, 4, 6, and 8 mm. The results showed that the lowest moisture content of 1.0785 g was obtained when soaking for 25 hours. The optimum tray dryer drying rate was 0.433 g/min at 60 minutes and 2 mm thickness. The optimum drying rate using a solar dryer was obtained when drying for 90 minutes at 0.167 g/min and a thickness of 2 mm at 0.133 g/min. The drying quality using a tray dryer was better than a solar dryer in terms of the color and dryness of ginger. Thus, this method can be a solution to optimize the drying process of ginger efficiently.

Keywords: ginger, drying, solar dryer, tray dryer

1. PENDAHULUAN

Jahe merupakan salah satu rempah-rempah dengan tingkat produksi tertinggi di Indonesia. Jahe termasuk tanaman biofarmaka yang memiliki kandungan *phytochemical group*, (n) *gingerol*, *zingerone*, dan (n) *shogaol* yang berperan sebagai antioksidan dan anti kanker [1], [2]. Produk olahan dari jahe sangat beragam jenisnya, diantaranya sebagai bumbu masakan, permen, asinan, lalu bubuk jahe untuk minuman tradisional, jamu, serta kopi jahe [3]. Produk olahan jahe juga diimbangi dengan hasil produksi jahe di Indonesia yang melimpah, seperti pada tahun 2020 total produksi jahe mencapai 183.518 ton. Walaupun demikian, produksi jahe yang serupa dengan negara ASEAN lain berpotensi mempengaruhi harga pasar di Indonesia. Sehingga kesamaan produksi jahe di negara ASEAN dapat diatasi menggunakan varietas berbeda untuk produk yang sama [4]. Jahe termasuk dalam bahan mudah rusak dan tidak mampu bertahan lama. Hal ini dikarenakan jahe memiliki kadar air tinggi sehingga mudah ditumbuhi jamur dan kapang yang dapat menyebabkan pembusukan [5], [6]. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan untuk menjaga kualitas jahe .

Pengolahan jahe dapat dilakukan dengan metode pengeringan. Tujuan dari pengeringan yaitu untuk menjaga kualitas jahe sehingga dapat memperpanjang umur simpan. Pengeringan jahe menggunakan sinar matahari (*solar drying*) merupakan metode konvensional yang banyak digunakan karena Indonesia memiliki potensi sinar matahari yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Namun, proses pengeringan menggunakan sinar matahari memiliki kekurangan yaitu tidak kontinu karena bergantung pada kondisi cuaca dan kebersihan produk [7]. Oleh karena itu, diperlukan satu solusi agar pengeringan dapat terus berlanjut diantaranya dengan menggunakan beberapa teknologi seperti oven dan *tray dryer*. Proses pengeringan oven (*oven drying*) lebih cepat jika dibandingkan dengan matahari, namun metode ini hanya dapat mengeringkan bahan dalam skala kecil dan sulit untuk mengontrol suhu rendah [8]. Sedangkan pengeringan menggunakan *tray dryer* sangat cocok digunakan pada proses pengeringan bahan yang sensitif terhadap panas dan mudah berjamur [9]. *Tray dryer* termasuk ke dalam sistem pengering yang menggunakan aliran udara panas untuk mengeringkan produk sehingga dapat membuat proses pengeringan menjadi lebih cepat dan efektif.

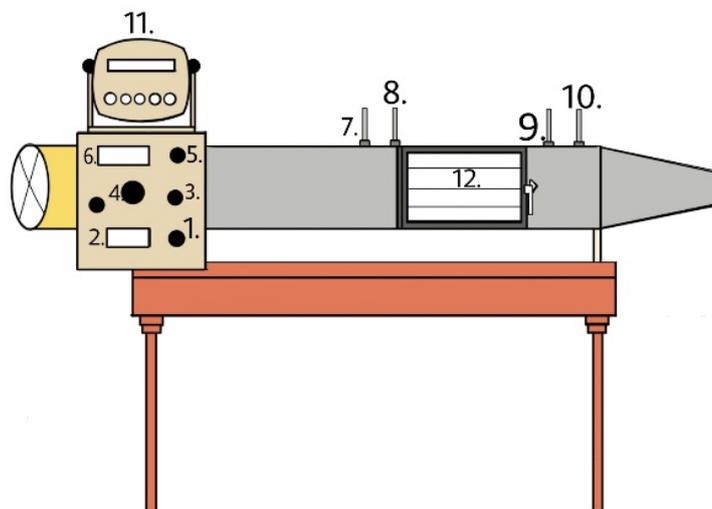
Lestari dkk. (2020) melakukan penelitian pengeringan jahe merah menggunakan *tray dryer* dengan tingkat beban pengeringan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cabinet dryer* mampu mengeringkan jahe merah hingga kadar air nya mencapai 9.24-10.71% dengan waktu pengeringan selama 6.5-8.7 jam. Penelitian terkait *tray dryer* juga dilakukan oleh Haryanto dkk. (2018) yang menyatakan bahwa laju pengeringan dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti udara pengering, suhu, dan aliran udara. Tingkat pengeringan terbaik yang dicapai dengan menggunakan suhu udara pengering 39°C dan aliran udara pengering 4,5 m/s. Meskipun penelitian berupa pengeringan jahe menggunakan *tray dryer* sudah pernah dilakukan sebelumnya, namun masih belum ada penelitian yang membahas mengenai pengaruh perendaman, ketebalan dan waktu pengeringan, serta perbandingan kualitas hasil pengeringan jahe menggunakan *tray dryer* dan pengeringan konvensional menggunakan sinar matahari (*solar drying*). Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perendaman, waktu pengeringan, dimensi ketebalan, dan metode pengeringan yang paling optimal untuk mengeringkan jahe.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari cara alternatif pengolahan jahe, dan secara khusus menguji pengaruh waktu dan dimensi ketebalan sampel jahe terhadap laju pengeringan dan membandingkan metode pengeringan terbaik untuk pengeringan jahe, yakni pengeringan menggunakan *tray dryer* dan pengeringan konvensional menggunakan sinar matahari (*solar drying*). Hasil penelitian ini digunakan untuk memperoleh jahe kering dengan kadar air dan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan sehingga kemudian dapat diolah kembali untuk menghasilkan produk berupa bubuk jahe.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa *tray dryer* berbentuk persegi panjang dan dilengkapi dengan rak-rak dari logam berlubang seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Rak-rak pengering berfungsi sebagai wadah jahe di dalam ruang pengeringan. *Tray dryer* dilengkapi dengan alat pendukung seperti termometer sebagai pengontrol suhu, kipas dan pengontrol kecepatan kipas (*fan*) pada layar tampilan suhu untuk T₁, T₂, T₃, T₄, dan timbangan. Anemometer merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin [10]. Alat yang digunakan memiliki model SF-25H dengan ukuran 250 mm, kapasitas 42 m³/min, daya 190 watt, dan *voltage* 220-240 volt. *Tray dryer* terdiri dari tombol *power heater* (1), kontrol dan pembacaan suhu (2), tombol *power fan* (3), pengatur kecepatan *fan* (4), kontrol pembacaan suhu T₁ – T₄ (5), layar penunjuk suhu (T₁ - T₄), T₁ (7), T₃ (8), T₃ (9), T₄ (10), timbangan dan pembacaan massa bahan (11), tempat *tray* (12).



Gambar 1. Ilustrasi alat *tray dryer*

Bahan utama yang digunakan yaitu jahe putih sebanyak 40 g tiap variasi pada variabel waktu maupun ketebalan setiap pengeringan. Pada percobaan ini digunakan jahe gajah berwarna putih/kuning yang secara morfologi mirip dengan jahe biasa, namun ukuran rimpang jahe gajah sedikit lebih besar. Jahe putih yang digunakan juga merupakan jahe dengan kualitas baik dan tidak mengalami kerusakan. Jahe atau yang biasa disebut dengan *Zingiber Officinale* adalah tanaman rempah berasal dari Asia Selatan yang sudah tersebar di seluruh Indonesia [11].

2.2. Metode Eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode konvensional sinar matahari dan pengeringan *tray dryer*. Pengeringan menggunakan panas matahari dilakukan dengan meletakkan bahan diatas alas lalu ditempatkan di bawah paparan sinar matahari dalam rentang waktu tertentu. Sedangkan *tray dryer*, bahan yang akan dikeringkan ditempatkan pada setiap rak bersusun agar dapat dikeringkan dengan sempurna. Proses pengeringan terjadi saat aliran udara panas bersinggungan langsung dengan permukaan bahan [12].

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan *pre-treatment* yaitu jahe dibersihkan dari akar dan kotoran yang menempel kemudian di bilas dengan air. Setelah itu, dilakukan pengirisan berukuran ± 2 mm untuk variabel waktu, sedangkan untuk variabel ketebalan menggunakan variasi 2 mm, 4 mm, 6 mm, dan 8 mm. Pengirisan tersebut dilakukan 2 kali untuk pengeringan sinar matahari dengan suhu 30°C dan *tray dryer* dengan suhu 50°C. Analisis hubungan antara waktu terhadap laju pengeringan serta ketebalan terhadap laju pengeringan dilakukan dengan perhitungan menggunakan *Microsoft excel*[®] kemudian hasil perhitungan tersebut diplot menggunakan *Origin*[®] [13], [14]. Laju pengeringan dihitung berdasarkan persamaan 1 berikut [15]:

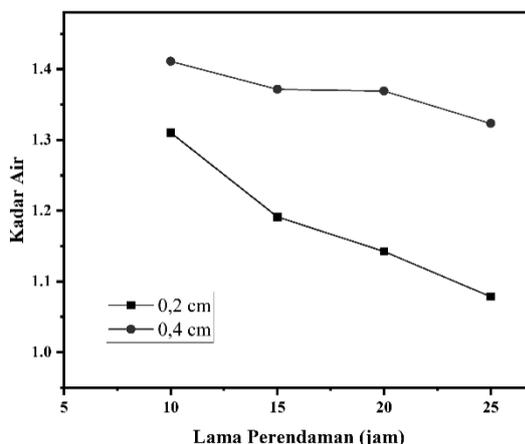
$$\text{Laju Pengeringan (gr/min)} = \frac{\text{berat awal (gr)} - \text{berat akhir (gr)}}{\text{waktu(min)}} \quad (1)$$

Langkah selanjutnya jahe putih direndam dengan air gula selama masing-masing 10, 15, 20, 25 jam untuk variabel waktu perendaman. Pada pengeringan matahari, sebanyak 40 g masing-masing variabel diletakkan pada alas datar lalu susun agar jahe tidak menumpuk, selanjutnya jemur bahan dibawah sinar matahari langsung dan dicatat suhunya. Suhu dicatat pada waktu 60 menit untuk variabel ketebalan dan untuk variabel waktu menggunakan variasi 60, 90, 120, dan 150 menit. Langkah selanjutnya menggunakan *tray dryer* dengan laju udara sebesar 4.0 m/s, selama proses pengeringan dilakukan penimbangan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Sebelum penimbangan, dicatat terlebih dahulu T_1 , T_2 , T_3 , dan T_4 , kemudian ditimbang berat akhir bahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Perendaman Terhadap Kadar Air

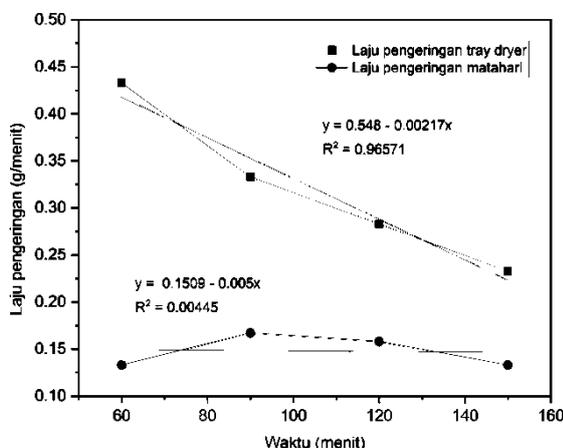
Kadar air pada jahe setelah perendaman menggunakan larutan gula ditunjukkan pada Gambar 2. Kadar air mengalami penurunan seiring dengan semakin meningkatnya jumlah gula dalam larutan osmosis serta lama perendaman. Kadar air terendah didapatkan pada ketebalan 2 mm dan lama perendaman 25 jam yaitu sebesar 1,0785 g. Hal ini dikarenakan komponen jahe putih berinteraksi dengan larutan osmosis. Penurunan kadar air yang tinggi berhubungan dengan komponen sukrosa yang tinggi [16]–[19]. Salah satu sifat gula (sukrosa) adalah higroskopis, yaitu memiliki kemampuan dalam mengikat air bebas dalam jahe. Fenomena tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang ditambahkan maka semakin banyak pula air yang diikat sehingga menurunkan kadar air pada produk [20]–[23].



Gambar 2. Pengaruh waktu perendaman terhadap kadar air jahe

3.2. Pengaruh Waktu Terhadap Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan banyaknya air yang teruapkan dalam satuan waktu. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara waktu terhadap laju pengeringan jahe dengan dua perlakuan yaitu pengeringan menggunakan *tray dryer* dan *solar dryer* (sinar matahari). Laju pengeringan jahe menggunakan *tray dryer* pada suhu 50°C masing-masing didapatkan sebesar 0,43; 0,33; 0,28; dan 0,23 g/menit. Sementara pada proses pengeringan dengan menggunakan *solar dryer* dilakukan pada pukul 10.00 hingga 12.30 WIB dengan suhu 30°C dan kecepatan angin 2,22 m/s didapatkan laju pengeringan masing-masing sebesar 0,133; 0,167; 0,158; dan 0,133 g/menit.



Gambar 3. Pengaruh waktu terhadap laju pengeringan

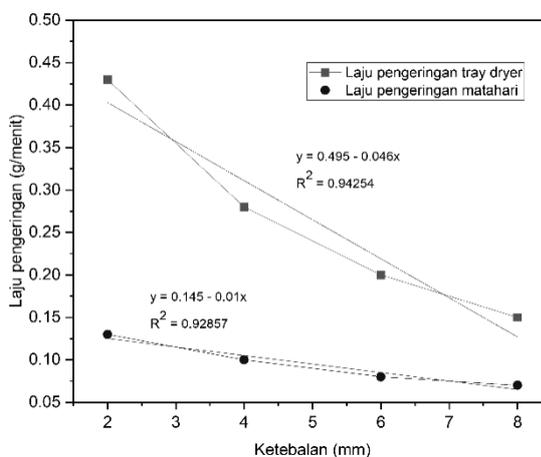
Pada awal proses pengeringan menggunakan *tray dryer*, terjadi penurunan laju pengeringan. Hal ini dikarenakan pada awal proses pengeringan kadar air yang dimiliki bahan masih tinggi sehingga mudah diuapkan. Namun pada akhir pengeringan kadar air terikat pada bahan, yang mengakibatkan air sulit diuapkan sehingga laju pengeringan yang dihasilkan semakin lama semakin menurun [7], [9]. Berdasarkan hasil output ANOVA, didapatkan nilai sig sebesar $0,001 < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu dapat secara signifikan mempengaruhi laju pengeringan. Penelitian yang membandingkan waktu dengan laju pengeringan juga dilakukan oleh Purnamasari dkk. (2019), dalam penelitian tersebut dihasilkan waktu pengeringan paling optimal yaitu 120 menit pada suhu 70°C. Oleh karena itu, hubungan waktu pengeringan berbanding terbalik

dengan laju pengeringan. Penurunan laju pengeringan sebanding dengan penurunan kadar air yang terdapat pada bahan. Penurunan kadar air berlangsung terus-menerus seiring lamanya waktu yang digunakan pada proses pengeringan.

Pada percobaan pengeringan menggunakan *solar dryer*, terjadi kenaikan nilai laju pengeringan dan pada menit ke 150 terjadi penurunan. Hal tersebut sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa penurunan laju pengeringan disebabkan oleh perbedaan jumlah intensitas cahaya matahari sehingga terjadi penurunan laju pengeringan yang fluktuatif. Hubungan laju pengeringan menggunakan *solar dryer* dengan waktu dipengaruhi kondisi cuaca, dimana kondisi cuaca berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Besarnya intensitas cahaya matahari menyebabkan laju pengeringan meningkat dan mencapai kesetimbangan lebih cepat. Tinggi dan rendahnya intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap kenaikan suhu dan penurunan kadar air bahan sehingga dengan demikian juga akan mempengaruhi waktu pengeringan [24]. Waktu mempengaruhi laju pengeringan secara signifikan dengan *P-value* 0,001 (<0,05). Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Bhavsar & Patel (2021) menggunakan jahe dengan waktu pengeringan selama 3 hari. Hasil kadar air di hari pertama 44%, hari kedua 24%, dan hari ketiga 12%. Jadi kadar air yang tinggi maka tingkat penurunan kelembapan juga semakin tinggi [25]. Selain itu El'kariem & Maesaroh (2022) juga melakukan pengeringan menggunakan sinar matahari yang ditutup kain hitam. Laju pengeringan dan koefisien perpindahan panas meningkat dari pagi hingga siang hari dan menurun pada sore hari yang disebabkan oleh kenaikan dan penurunan intensitas cahaya matahari [8].

Pengeringan menggunakan *tray dryer* lebih efektif jika dibandingkan dengan *solar dryer*. Hal ini dikarenakan sirkulasi pengeringan *tray dryer* dapat ditingkatkan sehingga perpindahan panas dapat cepat terjadi dan lama waktu pengeringan akan membuat kandungan air bahan akan semakin rendah. Berbeda dengan *solar dryer* yang jumlah intensitas cahaya matahari yang setiap waktu tidak sama.

3.3. Pengaruh Ketebalan Terhadap Laju Pengeringan

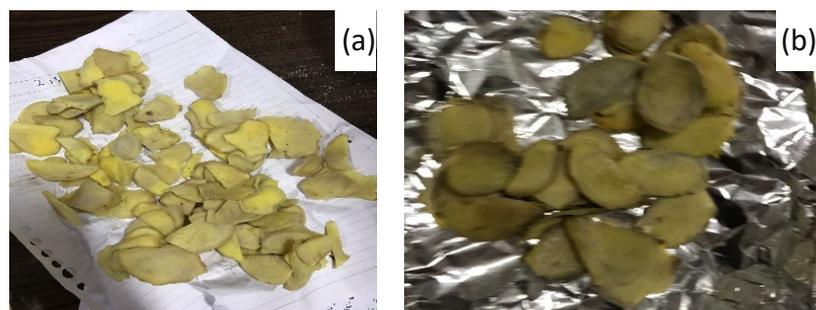


Gambar 4. Pengaruh ketebalan terhadap laju pengeringan

Pengaruh variasi ketebalan jahe terhadap laju pengeringan ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tebal suatu bahan maka laju pengeringannya menurun. Pengujian menggunakan *tray dryer* diperoleh laju pengeringan

0,43; 0,28; 0,20 dan 0,15 g/menit. Sementara untuk perlakuan menggunakan matahari yaitu dengan cara diangin-anginkan pada suhu 30°, kelembapan relatif 75% dan kecepatan angin 8 km/jam didapatkan laju pengeringan sebesar 0,13; 0,10; 0,08; dan 0,07 g/menit. Semakin kecil ketebalan membuat kontak antara bahan dengan panas menjadi lebih baik, luas permukaan yang tinggi akan menyebabkan air lebih mudah melakukan difusi sehingga penguapan pada bahan menjadi lebih cepat [26]. Ketebalan bahan yang besar menyebabkan waktu untuk panas menguapkan air menjadi lama, jarak yang akan ditempuh panas untuk masuk kedalam bahan kemudian menuju ke permukaan bahan menjadi lebih panjang [27]. Hal yang sama juga berlaku pada pengeringan menggunakan sinar matahari, semakin tebal irisan jahe maka semakin sulit juga panas matahari dapat menembus permukaan dalam jahe. Sebaliknya pada irisan tipis, pengeringan cenderung lebih cepat [7]. Penelitian serupa dilakukan Widyanti dkk. (2021), pada penelitian tersebut ketebalan irisan mempengaruhi penurunan kadar air bahan. Semakin tebal irisan maka kadar air semakin sulit diuapkan, begitupun sebaliknya. Jika kadar air sulit menguap, waktu pengeringan pun akan semakin lama sehingga laju pengeringan pada sampel akan mengalami penurunan [26]. Pengeringan menggunakan *tray dryer* dan *solar dryer* menurunkan laju pengeringan secara signifikan dengan *P-value* berturut-turut sebesar 0,01 dan 0,009 ($<0,05$).

3.4. Perubahan Fisik Jahe



Gambar 5. Jahe putih ketebalan 2 mm (a) sebelum dan (b) setelah dikeringkan menggunakan *tray dryer*

Gambar 5 menunjukkan bahwa permukaan dari sampel jahe mengalami perubahan selama terjadinya pengeringan. Perubahan yang terjadi pada jahe ketebalan 2 mm yaitu beraroma seperti jahe segar, berwarna kuning ke abu-abuan, mengkerut, dan teksturnya sedikit kering. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengeringan menurunkan kadar air sehingga terjadi penyusutan permukaan pada bahan yang dikeringkan [24]. Perubahan tekstur mengalami peningkatan seiring dengan tingginya suhu sedangkan akan mengalami penurunan seiring dengan tebalnya bahan yang dikeringkan [28].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Proses pengeringan menggunakan *tray dryer* dipengaruhi oleh lama perendaman, waktu pengeringan, dan ketebalan bahan. Kadar air terendah sebesar 1.0785 g didapatkan saat perendaman 25 jam. Laju pengeringan optimum menggunakan *tray dryer* didapatkan pada waktu 60 menit dan ketebalan 2 mm sebesar 0,433 g/menit. Laju pengeringan optimum menggunakan *solar dryer* didapatkan pada waktu 90 menit sebesar 0,167 g/menit dan ketebalan 2 mm yaitu 0,133 g/menit. Kualitas jahe terbaik didapatkan

pada pengeringan menggunakan *tray dryer* daripada *solar dryer*. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu pengeringan menggunakan variabel suhu, luas permukaan bahan diseragamkan saat pengirisan agar didapatkan hasil pengeringan yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Jember yang telah mendukung dan memfasilitasi penelitian ini hingga selesai.

REFERENSI

- [1] S. Srikandi, M. Humaeroh, and R. Sutamihardja, "Kandungan Gingerol Dan Shogaol Dari Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale Roscoe*) Dengan Metode Maserasi Bertingkat," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 2, pp. 75–81, 2020, doi: 10.15575/ak.v7i2.6545.
- [2] A. Malik, Shimpy, and M. Kumar, "Advancements in ginger drying technologies," *J. Stored Prod. Res.*, vol. 100, no. November 2022, p. 102058, 2023, doi: 10.1016/j.jspr.2022.102058.
- [3] Setiawan and Selmitri, "Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGRP) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe Gajah (*Zingiber officinale rose*)," *J. Inov. Penelit.*, vol. 3, no. 3, pp. 5603–5606, 2022.
- [4] A. D. Surya, M. Sapriyaldi, A. Wanto, A. P. Windarto, and I. S. Damanik, "Komparasi Algoritma Machine Learning untuk Penentuan Performance Terbaik Pada Prediksi Produksi Tanaman Jahe di Indonesia," *Semin. Nas. Ilmu Sos. dan Teknol.*, pp. 276–284, 2021.
- [5] L. Maharani and E. Djuwendah, "Pemilihan Proses Pengadaan Bahan Baku Jahe Merah Kering Dalam Memproduksi Bandrek Instan Dalam Kemasan; the Use of Dried Red Ginger As Raw Material in Producing instant Bandrek," *Optima*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.33366/opt.v2i1.897.
- [6] S. Suherman, E. E. Susanto, A. D. Ayu, and S. Dea, "Experimental investigation of ginger drying using hybrid solar dryer," *J. Appl. Sci. Eng.*, vol. 24, no. 4, pp. 553–564, 2021, doi: 10.6180/jase.202108_24(4).0011.
- [7] R. Hasibuan and M. Alfikri Ridhatullah, "Pengaruh Ketebalan Bahan Dan Jumlah Desikan Terhadap Laju Pengeringan Jahe (*Zingiber Officinale Roscoe*) Pada Pengering Kombinasi Surya dan Desikan," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 8, no. 2, pp. 61–66, 2019, doi: 10.32734/jtk.v8i2.1882.
- [8] V. El Kariem and I. Maesaroh, "Standarisasi Mutu Simplisia Jahe (*Zingiber officinale roscoe*) dengan Pengeringan Sinar Matahari dan Oven," *HERBAPHARMA J. Herb Farmacol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.55093/herbapharma.v4i1.178.
- [9] S. N. Fadilah, A. I. Khamil, M. Muharja, R. F. Darmayanti, and V. Aswie, "Enhancement of the Quality of Onion Drying Using Tray Dryer," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 5, no. 2, pp. 74–81, 2022, doi: 10.25273/cheesa.v5i2.13968.74-81.
- [10] A. Setiawan and A. I. Purnamasari, "Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 3, pp. 451–457, 2019.
- [11] I. W. Redi Aryanta, "Manfaat Jahe Untuk Kesehatan," *Widya Kesehat.*, vol. 1, no. 2, pp. 39–43, 2019, doi: 10.32795/widyakesehatan.v1i2.463.
- [12] I. Purnamasari, A. Meidinariasty, and R. N. Hadi, "Prototype Alat Pengering Tray Dryer Ditinjau dari Pengaruh Temperatur dan Waktu Terhadap Proses," *J. Kinet.*, vol. 10, no. 03, pp. 25–28,

2019.

- [13] M. Muharja, I. Albana, J. Zuhdan, A. Bachtiar, and A. Widjaja, "Reducing Sugar Production in Subcritical Water and Enzymatic Hydrolysis using Plackett- Burman Design and Response Surface Methodology," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 56–61, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i2.49727.
- [14] M. Muharja, R. F. Darmayanti, A. Widjaja, A. A. Firmansyah, and N. Karima, "Simulasi Kenaikan Kapasitas Produksi Gula pada Proses Karbonatasi di PT. Industri Gula Glenmore Menggunakan Perangkat Lunak Aspen Plus," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.23887/jst-undiksha.v11i1.39521.
- [15] F. Nuryani, Yustinah, Ismiyati, and R. A. Nugrahani, "Rekayasa Model Laju Pengeringan Pada Proses Maserasi Daun Sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan Pelarut Etanol," *J. Konversi* , vol. 11, no. 1, pp. 45–50, 2022.
- [16] A. H. Rahardjo, R. M. Azmi, M. Muharja, H. W. Aparamarta, and A. Widjaja, "Pretreatment of Tropical Lignocellulosic Biomass for Industrial Biofuel Production : A Review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1053, no. 1, p. 12097, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1053/1/012097.
- [17] M. Muharja, R. F. Darmayanti, A. Widjaja, Y. H. Manurung, I. Alamsyah, and S. N. Fadilah, "Optimization of Sugarcane Bagasse Ash Utilization for Concrete Bricks Production Using Plackett-Burman and Central Composite Design," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 1, p. 62, 2022, doi: 10.33795/jtkl.v6i1.282.
- [18] M. Muharja *et al.*, "Subcritical Water Process for Reducing Sugar Production from Biomass: Optimization and Kinetics," *Bull. Chem. React. Eng. & Catal. 2022 BCREC Vol. 17 Issue 4 Year 2022 (December 2022)DO - 10.9767/bcrec.17.4.16527.839-849* , Dec. 2022.
- [19] R. F. Darmayanti *et al.*, "Exploring Starch Sources for the Refreshment Process of Acetone-Butanol-Ethanol Fermentation with *Clostridium Saccharoperbutylacetonicum* N1-4," *Int. J. Technol.*, vol. 12, no. 2, pp. 309–319, 2021, doi: 10.14716/ijtech.v12i2.4354.
- [20] I. S. Nurminabari, "Pengaruh Konsentrasi Penstabil dan Sukrosa Terhadap Karakteristik Sari Bonggol Nanas (*Ananas comosus* L. merr) Instan dengan Metode Kokristalisasi," *Pas. Food Technol. J.*, vol. 6, no. 2, p. 95, 2019, doi: 10.23969/pftj.v6i2.1641.
- [21] M. Muharja, F. Junianti, T. Nurtono, and A. Widjaja, "Combined subcritical water and enzymatic hydrolysis for reducing sugar production from coconut husk," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1840, no. 1, p. 30004, May 2017, doi: 10.1063/1.4982264.
- [22] A. N. Alimny, M. Muharja, and A. Widjaja, "Kinetics of Reducing Sugar Formation from Coconut Husk by Subcritical Water Hydrolysis," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012006.
- [23] M. Muharja, N. Fadilah, R. F. Darmayanti, H. F. Sangian, T. Nurtono, and A. Widjaja, "Effect of severity factor on the subcritical water and enzymatic hydrolysis of coconut husk for reducing sugar production," *Bull. Chem. React. Eng. Catal.*, vol. 15, no. 3, pp. 786–797, 2020, doi: 10.9767/BCREC.15.3.8870.786-797.
- [24] D. Risdianti, Murad, and G. M. D. Putra, "Kajian Pengeringan Jahe (*Zingiber Officinale* Rosc) Berdasarkan Perubahan Geometrik Dan Warna Menggunakan Metode Image Analysis," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 7, no. 2, pp. 249–257, 2019.
- [25] M. Patel, X. Zhang, and A. Kumar, "Techno-economic and life cycle assessment on lignocellulosic biomass thermochemical conversion technologies: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 53, pp. 1486–1499, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.09.070.

- [26] N. luh D. Widyanti, N. L. Yulianti, and Y. Setiyo, "Karakteristik Pengeringan dan Sifat Fisik Bubuk Jahe Merah Kering (*Zingiber Officinale* Var.rubrum) Dengan Variasi Ketebalan Irisan dan Suhu Pengeringan," *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 9, no. 2, p. 148, 2021, doi: 10.24843/jbeta.2021.v09.i02.p01.
- [27] S. Amin, J. P, and M. Rais, "Laju Pindah Panas dan Massa pada Proses Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Bak (Batch Dryer)," *J. Pendidik. Teknol. Pertan.*, vol. 1, p. 87, Jul. 2018, doi: 10.26858/jptp.v1i0.6236.
- [28] D. Mar'atuzzahwa, I. M. S. Utama, and I. P. S. Wirawan, "Pengaruh ketebalan dan suhu pengeringan terhadap karakter fisik dan sensoris buah naga merah kering," *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 11, no. 1, pp. 41–51, 2022.