Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

ISSN (Online) 3025 - 2598

Artikel Penelitian

Performa Pengering Surya Skala Menengah Tipe Rumah Kaca untuk Pengeringan Kerupuk Singkong

Adjar Pratoto[a], M. Yoga Dermawan[a] dan Dendi Adi Saputra[a]

[a] *Departemen Teknik Mesin, Universitas Andalas, Limau Manis-Padang 25163, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 20 Juni 2024
Revisi Akhir: 28 Juni 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Juni 2024

KATA KUNCI

Pengeringan

Kerupuk Singkong

Pengering Surya Tipe Rumah Kaca

Kinetik Pengeringan

KORESPONDENSI

E-mail:adjar.pratoto@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

The present article deals the performance investigation of a medium-scale solar greenhouse dryer for drying cassava chips. The hump-shaped polycarbonate dryer with concrete floor is of 8 m long, 5 m wide, and 3,5 m high. The dryer is equipped with a turbine ventilator and a fan. The latter is powered by a 100 W_P solar cell. The dryer contained eight (1,2 m x 0,6 m)-woven-bamboo trays arranged evenly in two stories. Each tray held 48 cassava chips. The testing was carried out at two different conditions, i.e. at average daily insolation of 590 W/m^2 and 645 W/m^2 respectively. On the average, the dryer could provide an increase in air temperature of 10^o – 11^oC and a decrease in air relative humidity of 17% - 13,7%. The increase in air temperature and the decrease in air relative humidity depend not only on the average radiation level but also on the radiation profile. As with the drying, the dryer provides a relatively uniform drying rate and performs better than sun drying in terms of drying time and hygienity.

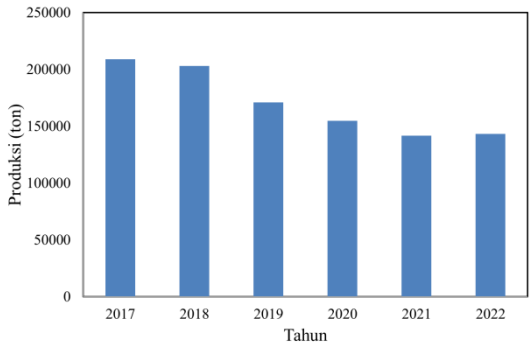
1. PENDAHULUAN

Ubi kayu atau singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia, selain padi dan jagung. Tanaman ini cukup penting peranannya dalam mendukung perekonomian masyarakat, khususnya di lahan-lahan kering. Produk utama ubi kayu adalah umbi akar. Umbi akar ini dapat dikonsumsi langsung setelah dimasak atau diolah menjadi produk turunan, seperti misalnya tepung tapioka. Bagian lain dari tanaman ubi kayu yang memiliki nilai manfaat adalah daun singkong, yang dapat digunakan pula sebagai sayuran, khususnya bagian pucuk yang masih muda, ataupun sebagai pakan ternak. Selain sebagai bahan makanan, umbi akar dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol [1]. Kajian mengenai keekonomian produksi bioetanol dari umbi akar diuraikan antara lain oleh Wichitchana & Skolpap [2].

Sumatera Barat juga merupakan daerah penghasil ubi kayu yang cukup penting. Pada Gambar 1 diperlihatkan produksi ubi kayu Provinsi Sumatera Barat dalam rentang tahun 2017 – 2022 [3]. Adapun, area panen meliputi lahan seluas sekitar 3460 hektar. Dari Gambar.1 terlihat adanya penurunan produksi sekitar 25% dari tahun 2017 ke tahun 2021 dan stabil pada tahun berikutnya. Walaupun secara keseluruhan provinsi terjadi penurunan produksi, di beberapa daerah terdapat

https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.15-20.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

kenaikan produksi ubi kayu, seperti misalnya di Kabupaten Agam.



Gambar 1. Produksi ubi kayu di Sumatera Barat

Ubi kayu di Daerah Agam, khususnya di Daerah Kamang cukup terkenal karena rasanya khas dibandingkan dengan dengan ubi kayu dari daerah lain. Bagi beberapa petani di daerah tersebut, ubi kayu telah menjadi sumber mata pencaharian. Untuk mendapatkan nilai tambah, umbi akar umumnya diolah antara lain menjadi kerupuk. Pemasaran kerupuk singkong ini telah menjangkau berbagai daerah di Sumatera Barat dan telah menjadi salah satu produk khas Sumatera Barat.

Pembuatan kerupuk singkong meliputi beberapa tahapan. Mula-mula umbi kayu dikupas kulitnya, dibersihkan, kemudian direbus. Setelah perebusan, umbi kayu ditumbuk sehingga menjadi semacam adonan kasar. Adonan ini kemudian digiling dengan penggiling silindris secara manual ataupun dengan menggunakan mesin *roller press* menjadi lembaran tipis dengan ketebalan sekitar 2 mm. Lembaran tipis ini kemudian dicetak ke dalam bentuk bulatan dengan diameter sekitar 10 cm. Sebelum dipasarkan, kerupuk ini dikeringkan terlebih dahulu. Umumnya, petani mengeringkannya secara tradisional, yaitu dengan meletakkan kerupuk-kerupuk di atas para-para bambu, kemudian dijemur di bawah sinar matahari (Gambar. 2).

Masalah utama pada pengeringan di bawah sinar matahari adalah risiko terkontaminasi kotoran dan ketergantungannya terhadap cuaca. Pada saat cuaca kurang bagus, kerupuk tidak dapat kering dalam kurun waktu yang aman terhadap pertumbuhan jamur. Produk yang dihasilkan akan turun harganya atau bahkan tidak laku dijual karena rusak oleh jamur.



Gambar 2. Pengeringan kerupuk singkong di bawah sinar matahari langsung (*sun drying*)

Sebagai alternatif terhadap pengeringan dengan penyinaran matahari secara langsung, pengeringan singkong dengan berbagai metoda telah dikaji oleh banyak peneliti, seperti penggunaan pengering surya tipe rak yang dilengkapi dengan kolektor surya [4], pengering tipe tunel [5], pengering pneumatik untuk serpihan singkong [6], pengering dengan gelombang mikro sebagai sumber energi [7], dan lain-lain. Pengeringan-pengeringan tersebut umumnya hanya terbatas pada kapasitas pengeringan yang kecil atau masih berupa penelitian dalam skala laboratorium. Pada penelitian ini, pengeringan dilakukan terhadap kerupuk singkong untuk produksi skala industri rumah tangga atau usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Perangkat pengering yang digunakan adalah pengering surya tipe rumah kaca.

2. METODOLOGI

2.1. Perangkat dan Karakteristik Termal Pengering

Pengering yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengering surya tipe rumah kaca (*solar greenhouse*, *SGH*). Desain pengering yang digunakan adalah berupa struktur dengan bentuk tenda U telungkup yang memanjang (Gambar. L.1 di Lampiran) yang diadopsi dari desain Janjai, dkk. [8]. Sedangkan, Gambar. L.2 memperlihatkan

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.15-20.2024

visual bagian dalam hanggar pengering. Dimensi pengering adalah panjang 8 m, lebar 5 m, dan tinggi 3,5 m. Struktur rangka dibuat dari besi. Adapun, dinding dibuat dari bahan plastik polikarbonat dan lantai dibuat dari cor-coran semen. Pengering tersebut dilengkapi dengan sebuah turbin ventilator yang dipasang di bagian atas dan sebuah fan yang diletakkan di dinding belakang bagian atas dari hanggar pengering. Untuk menggerakkan fan, digunakan sel surya dengan kapasitas daya sebesar 100 W_P.

Untuk proses pengeringan, kerupuk singkong disusun di atas para-para atau nampan bambu dengan dimensi 1,2 m x 0,6 m. Di dalam hanggar pengering, terdapat rak dua tingkat yang digunakan untuk menampung para-para. Sesuai dengan kapasitas produksi, dalam pengujian digunakan para-para sebanyak 8 buah. Tiap para-para memuat 48 buah kerupuk singkong (Gambar. L.3).

Untuk mendapatkan karakteristik termal pengering surya pada saat diekspos oleh radiasi matahari dan interaksinya dengan produk yang dikeringkan, selama proses pengeringan dilakukan pengukuran terhadap suhu dan kelembaban relatif (*relative humidity*, RH) udara di dalam hanggar pengering dengan menggunakan sensor DHT 22. Sensor tersebut dipasang pada dinding bagian belakang dari pengering. Untuk mengukur radiasi matahari, digunakan sensor BH1750. Kedua macam sensor tersebut dihubungkan melalui sebuah rangkaian listrik ke Arduino Uno dan komputer.

2.2. Kinetik Pengeringan

Untuk melihat perubahan kandungan air dalam produk selama pengeringan, dilakukan pengukuran terhadap massa produk sebagai fungsi dari waktu.

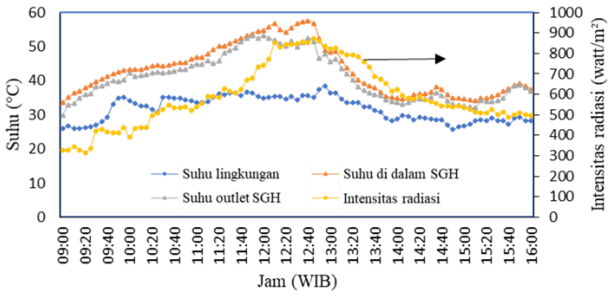
2.3. Kondisi Pengujian

Pengujian dilakukan di kelompok tani UP3HP Indah Sari Jorong Ladang Darek, Kamang Hilia, Kabupaten Agam, Sumatera Barat di bawah dua kondisi penyinaran yang berbeda. Pengujian pertama dilakukan pada kondisi dengan intensitas radiasi rata-rata sebesar 590 W/m^2 dengan intensitas tertinggi sebesar 872 W/m^2 dan terendah sebesar 316 W/m^2. Sedangkan, pada kondisi kedua, intensitas radiasi rata-rata adalah sebesar 645 W/m^2 dengan intensitas tertinggi adalah sebesar 905 W/m^2 dan terendah sebesar 366 W/m^2. Besaran-besaran radiasi tersebut tidak ditetapkan, tetapi merupakan hasil dari pemilihan hari saat cuaca dengan penyinaran sedang (mendung) dan saat cuaca panas atau terik. Selain itu sebagai.bahan pembanding, pengeringan secara langsung di bawah sinar matahari juga dilakukan.

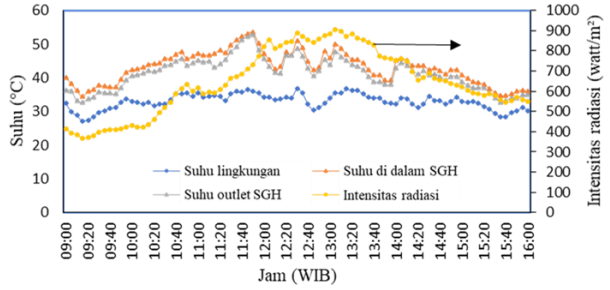
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Termal Perangkat Pengering

Pada Gambar 3 diperlihatkan perubahan suhu udara di dalam hanggar pengering selama proses pengeringan. Radiasi matahari yang menembus SGH diserap oleh produk yang dikeringkan. Energi radiasi yang diserap tersebut diubah menjadi energi-dalam produk, termasuk air yang dikandung dalam produk tersebut. Kenaikan energi-dalam akan meningkatkan suhu dan digunakan untuk menguapkan air dalam produk. Selain itu, radiasi yang masuk ke dalam hanggap pengering akan diserap oleh komponen-komponen di dalan hanggar tersebut, seperti misalnya lantai. Panas yang diserap ini sebagian tersimpan dan sebagian lagi akan dilepaskan secara konveksi ke udara yang ada di dalam hanggar pengering. Dengan mendapatkan panas secara konveksi tersebut, suhu udara di dalam hanggar akan meningkat. Suhu udara yang tinggi ini juga akan digunakan sebagai penggerak (*driving force*) untuk proses pengeringan. Selama proses pengeringan, kenaikan suhu udara rata-rata untuk kondisi penyinaran rata-rata sebesar 590 W/m^2 adalah 11^{o}C dan tertinggi adalah sebesar 22^{o}C yang terjadi pada pukul 12.30. Pada kondisi penyinaran rata-rata sebesar 645 W/m^2, kenaikan suhu udara rata-rata di dalam hanggar adalah 10^{o}C dan tertinggi adalah sebesar 17^{o}C. Kenaikan suhu udara di dalam hanggar pengering tidak hanya dipengaruhi oleh radiasi rata-rata, tetapi juga oleh profil radiasi terhadap waktu.



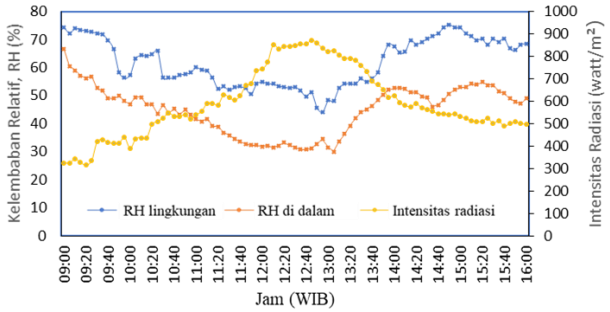
(a) $I_{rata\text{-}rata}$ = 590 W/m^2



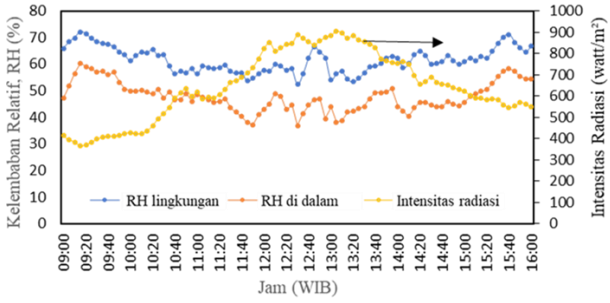
(b) $I_{rata\text{-}rata}$ = 645 W/m^2

Gambar 3. Profil suhu udara dan intensitas radiasi (I) pada dua kondisi penyinaran yang berbeda

Proses pengeringan konvektif tidak hanya dipengaruhi oleh suhu udara pengering, tetapi juga oleh kelembaban relatif udara pengering. Pada Gambar.4 diperlihatkan profil kelembaban relatif udara pengering pada dua kondisi penyinaran yang berbeda.



(a) $I_{rata\text{-}rata}$ = 590 W/m^2



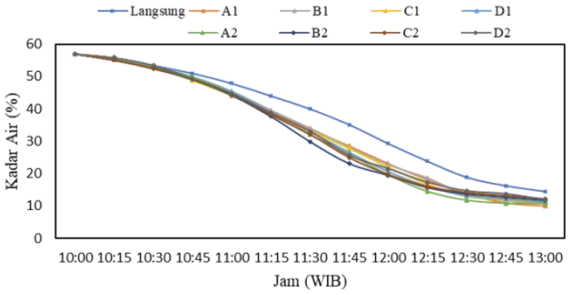
(b) $I_{rata\text{-}rata}$ = 645 W/m^2

Gambar 4. Profil kelembaban relatif udara dan intensitas radiasi (I) pada dua kondisi penyinaran yang berbeda

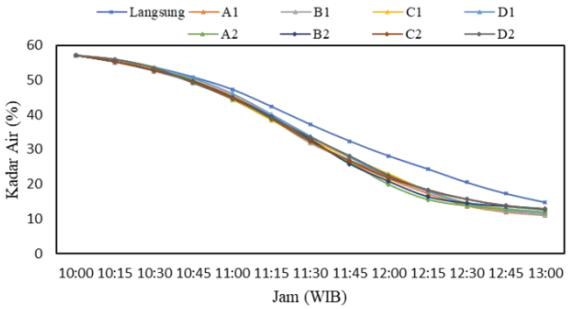
Dengan kenaikan suhu di dalam hanggar pengering, maka kelembaban relatif udara akan berkurang. Pada kondisi penyinaran dengan intensitas radiasi rata-rata sebesar 590 W/m^2, penurunan kelembaban relatif rata-rata adalah 17% dengan penurunan maksimum sebesar 25,7%. Adapun, pada kondisi penyinaran dengan intensitas radiasi rata-rata sebesar 645 W/m^2, penurunan kelembaban relatif rata-rata adalah 13,7% dengan penurunan maksimum sebesar 23%.

3.2. Kinetik Pengeringan

Para-para sebanyak delapan buah disusun ke dalam dua tingkat. Dari pintu masuk hanggar, di sebelah kiri dan kanan terdapat masing-masing empat buah para-para. Dari satu sisi, untuk satu para-para diambil satu buah sampel produk untuk diamati perubahan massanya selama pengeringan. Gambar 5 memperlihatkan perubahan massa atau kadar air dalam produk selama pengeringan untuk dua kondisi penyinaran yang berbeda.



(a) $I_{rata\text{-}rata}$ = 590 W/m^2



(b) $I_{rata\text{-}rata}$ = 645 W/m^2

Gambar 5. Perubahan kadar air dalam produk selama proses pengeringan

Pada gambar tersebut, kode A dan B adalah untuk posisi rak sebelah kiri dari pintu masuk dan kode C dan D adalah untuk posisi rak di sebalah kanan dari pintu masuk. Adapun, kode angka 1 menunjukkan

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.15-20.2024

posisi rak bagian atas dan kode angka 2 adalah posisi rak bagian bawah.

Dari Gambar. 5 tersebut terlihat bahwa pada awal-awal pengeringan, laju pengeringan (ditunjukkan dengan kemiringan kurva) masih rendah kemudian meningkat pada saat suhu udara di dalam hanggar meningkat dan kelembaban relatifnya menurun. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa laju pengeringan dari produk-produk pada posisi yang beragam memiliki nilai yang tidak jauh berbeda, khususnya pada awal-awal proses pengeringan. Pada saat kadar air telah banyak mengalami penurunan, laju pengeringan dari produk-produk tersebut mulai memperlihatkan sedikit perbedaan. Produk di rak bagian bawah cenderung memiliki laju pengeringan yang lebih tinggi dibandingkan produk yang berada di rak bagian atas. Ini disebabkan oleh adanya panas konveksi dari lantai pengering. Produk di bagian bawah akan mendapatkan panas konveksi dari lantai yang lebih besar dibandingkan dengan produk yang berada di bagian atas. Namun perbedaan tersebut tidak terlalu besar (*significant*). Dalam Gambar. 5 tersebut juga diperlihatkan perubahan kadar air untuk kerupuk singkong yang dikeringkan dengan cara penjemuran secara langsung di bawah sinar matahari. Dengan penjemuran secara langsung tersebut, pengeringannya lebih lama dibandingkan dengan pengeringan dengan menggunakan pengering surya rumah kaca. Karena pengering surya ini dilengkapi dengan dinding transparan, risiko produk terkontaminasi debu atau polutan lainnya lebih rendah dibandingkan dengan penjemuran langsung di bawah sinar matahari.

4. KESIMPULAN

Pengering surya tipe rumah kaca telah digunakan untuk mengeringkan kerupuk singkong. Dengan kondisi intensitas radiasi rata-rata antara 590 W/m^2 – 645 W/m^2, kenaikan suhu udara di dalam hanggar mencapai 10^o – 11^{o}C dan penurunan kelembaban relatif udara antara 17% - 13,7%. Kenaikan suhu dan penurunan kelembaban udara tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas rata-rata radiasi, tetapi juga oleh profil radiasi. Dalam hal pengeringan, pengering surya tersebut mampu memberikan laju pengeringan yang relatif seragam terhadap produk yang berada pada posisi rak yang berbeda-beda. Selain lebih higienis dibandingkan dengan pengeringan langsung di bawah sinar matahari, pengering surya ini juga lebih cepat mengeringkan kerupuk singkong.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. Sriroth, S. Wanlapatit and K. Piyachomkwan, Cassava bioethanol, in *Bioethanol*, M. A. Pinheiro Lima (Ed.), InTech, 2012 www.intechopen.com/books/bioethanol/-cassava-bioethanol

[2] C. Wichitchana & W. Skolpap, Optimum cost for ethanol production from cassava roots and cassava chips, *Energy Procedia* 52 (2014) 190 – 203

[3] *Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Provinsi Sumatera Barat* https://sumbar.bps.go.id/indicator/53/62/2/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-ubi-kayu.html diakses tanggal 24 Juni 2024

[4] A. B. Aliyu and H. Jibril, Utilization of greenhouse effect for solar drying of cassava chips, *International Journal of Physical Sciences* 4 (11), 2009, pp. 615-622

[5] *Cassava tunnel dryer*, Technical Brief, CARE, Canada

[6] A. Parmar & M. Precoppe, How to evaluate the performance of cassava dryers, Natural Resources Institute, University of Greenwich, Chatham, UK., 2021

[7] P. Wilaipon, Cassava chip drying by using a small-scale hot-air microwave oven, *American Journal of Engineering and Applied Sciences* 6 (2), 2013, 211-215

[8] S. Janjai, P. Intawee, J. Kaewkiewa, C. Sritus, & V. Khamvongsa, A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: Modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic. *Renewable Energy* 36, 2011, pp/ 1053–62.

Lampiran



Gambar L.1 Pengering surya tipe rumah kaca



Gambar L.2 Bagian dalam pengering SGH



Gambar L.3 Susunan kerupuk singkong di atas para-para

 https://doi.org/10.25077/inomet.1.1.15-20.2024