

Studi Eksperimen Rumah Pengering Umbi Porang Sistem Hibrid (Energi Surya–Biomassa) dengan Variasi Tebal Irisan Chip

Verdy A. Koehuan^{1*}, Abner Paulus Bai'oe², Matheus M. Dwinanto³

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001

*Corresponding author: verdy.koehuan@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan chips umbi porang terhadap distribusi temperatur dan kelembaban udara dalam rumah pengering *solar dryer* sistem hibrid (energi surya-biomassa) terhadap laju pengeringan umbi porang. Metode penelitian adalah metode eksperimen pada rumah pengering menggunakan plastik *ultra violet* untuk menyerap panas radiasi dari sinar matahari dan energi termal dari tungku pembakaran biomassa kemudian dialirkan ke dalam rumah pengering melalui alat penukar panas. Hasil penelitian menunjukkan temperatur rata-rata dalam rumah pengering dengan masing-masing ketebalan chip umbi porang 3 mm, 4 mm, dan 5 mm, yaitu 47,03°C, 48,74°C dan 49,73°C. Kadar air akhir chips umbi porang setelah pengeringan adalah 11,74%bb dengan laju pengeringan tertinggi sebesar 0,330 kg/jam dan lama pengeringan 5 jam pada ketebalan 3 mm. Efisiensi pengeringan, dan efisiensi rumah pengering masing-masing diperoleh pada ketebalan chip 3 mm, yakni sebesar 17,86 % dan 6,06 %.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the thickness of the porang tuber chips on the distribution of temperature and humidity in the drying chamber of a hybrid system solar dryer (solar energy-biomass) on the drying rate of porang tubers. The research method is an experimental method in a drying chamber using ultra violet plastic to absorb radiant heat from sunlight and thermal energy from a biomass combustion furnace and then flowing into the drying chamber through a heat exchanger. The results showed that the average temperature in the drying chamber with porang tuber chip thickness of 3 mm, 4 mm and 5 mm, respectively, was 47.03°C, 48.74°C and 49.73°C. The final moisture content of porang tuber chips after drying was 11.74% wb with the highest drying rate of 0.330 kg/hour and 5 hours of drying time at 3 mm thickness. Drying efficiency and drying housing efficiency were respectively obtained at 3 mm chip thickness, namely 17.86% and 6.06%.

Keywords: *Tuber of porang, Glucomannan konjac, solar dryer hybrid*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang begitu banyak terutama pada bidang pertanian. Salah satu kekayaan alam yang belum teridentifikasi dan dimanfaatkan oleh banyak petani adalah tumbuhan porang (*Amorphophallus oncophyllus*). Tumbuhan ini dapat diambil umbinya dan dijadikan tepung maupun keripik. Umbi porang ini memiliki kandungan *Glucomannan Konjac* yang tinggi, yaitu sebesar 65%-75%. Menurut Maulana & Kurniawan, 2019, *Glucomannan Konjac* ini dapat digunakan untuk menurunkan kadar kolesterol yang tinggi dalam tubuh manusia

sehingga cocok digunakan bagi penderita diabetes maupun mereka yang melakukan diet[1].

Menurut Koswara, 2013 [2], Umbi porang yang baru dipanen memiliki kandungan air yang tinggi ($\pm 70 - 80\%$) dan apabila penyimpanan umbi porang segar dilakukan selama 2 hari maka akan mengakibatkan penurunan viskositas larutan *glucomannan* sampai seperlima bagian. Oleh karena itu, penyimpanan umbi porang sebaiknya dalam bentuk kering (dalam bentuk *chips* atau keripik). Pengolahan umbi porang segar menjadi produk kering harus dilakukan secepat mungkin setelah umbi tersebut dipanen, sebagai tanda bahwa kripik iles-iles (umbi porang) telah kering, dan siap digiling

(ditumbuk) adalah bila kripik tersebut dipatahkan akan berbunyi “krek” atau bila kadar air kripik sekitar 12% massa basah. Pada kondisi tersebut diperkirakan bahwa semua mikroba tidak dapat tumbuh, dan enzim-enzim sudah tidak efektif.

Salah satu daerah yang memiliki potensi budidaya tumbuhan Porang adalah daerah Amfoang, Kecamatan Amfoang Selatan, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur yang sebagian besar masyarakatnya yang berprofesi sebagai petani. Masyarakat di Amfoang sudah mulai membudidayakan tanaman porang tetapi proses pengeringannya masih konvensional yaitu hanya menggunakan sinar matahari langsung sebagai sarana untuk mengeringkan umbi porang tersebut. Metode penjemuran ini memiliki biaya yang sangat murah dikarenakan energi dari sinar matahari yang cukup tersedia. Namun, metode penjemuran dengan sinar matahari langsung juga memiliki kekurangan, seperti tercemarnya bahan oleh kotoran-kotoran dari lingkungan sekitar, sangat bergantung pada cuaca, kehilangan jumlah bahan akibat serangan hama binatang, waktu proses pengeringan yang cukup lama, dan bila produk yang dijemur banyak maka akan membutuhkan lahan pengering yang luas dan tenaga pekerja yang cukup besar. Di samping itu, pada musim penghujan, pengeringan umbi porang sangat tidak efektif sehingga membuat umbi porang menjadi tidak kering dengan baik dan bahkan rusak.

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah rumah pengering hibrid (energi surya-biomassa) yang menggunakan sumber energi baru dan terbarukan. Rumah pengering ini memanfaatkan energi surya dan tungku pembakaran biomassa sebagai pemanas sehingga dapat mengatasi kendala pengeringan seperti kapasitas rendah dan membutuhkan waktu yang cukup lama, resiko kontaminasi dan gangguan dari binatang selama proses penjemuran yang menyebabkan hasil pengeringan kurang higienis, serta pengeringan dapat dilakukan pada malam hari atau saat cuaca berawan. Rumah pengeringan ini dilengkapi plastik ultra violet yang

berfungsi sebagai penghantar kalor sehingga temperatur didalam ruangan dapat terjaga dengan baik. Pemanfaatan energi matahari dan energi biomassa sebagai sumber kalor untuk rumah pengering merupakan bentuk solusi penyediaan energi alternatif bagi masyarakat pedesaan [3].

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh temperatur udara panas dirumah pengering menggunakan plastik ultra violet sistem hibrid terhadap waktu pengeringan umbi porang serta juga dapat mengetahui warna dari umbi porang setelah pengeringan. Dengan demikian diharapkan hasil penelitian ini nantinya dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam proses pengeringan umbi porang sehingga tidak memakan waktu lama dalam proses pengeringannya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilaksanakan adalah metode eksperimen pada rumah pengering menggunakan plastik ultra violet untuk menyerap panas radiasi sinar matahari dan kombinasi dengan sumber panas dari pembakaran di tungku biomassa untuk proses pengeringan umbi porang. Panas dari tungku biomassa dialirkan ke dalam rumah pengering melalui elemen pemanas air berbentuk spiral yang ditempatkan diujung cerobong. Air panas ini dialirkan menuju alat penukar panas kompak (air sebagai fluida panas dan udara sebagai fluida dingin) yang terletak di dalam saluran udara panas dengan posisi menempel pada dinding rumah pengering. Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, FST, Universitas Nusa Cendana Kupang. Bahan plastik yang digunakan plastik UV *protector* 6% bujukan per roll 3 × 20 m, tebal 200 micron (0,20 mm).

Variabel Penelitian

Variabel bebas (independent variable)

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti dan ditentukan

sebelum penelitian dilakukan yaitu tebal irisan porang dan waktu pengeringan.

Variabel terikat (*dependent variable*)

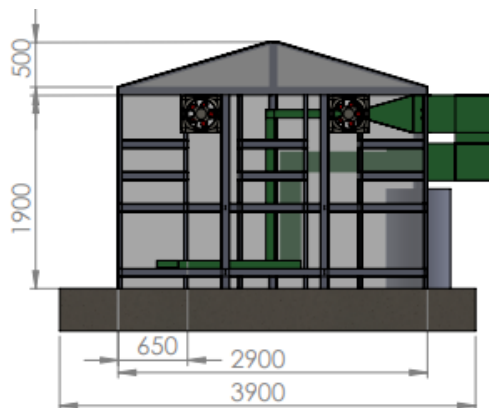
Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Adapun variabel terikat pada penelitian ini adalah radiasi matahari yang masuk rumah pengering, distribusi temperatur di dalam rumah pengering, kelembaban udara, kadar air bahan, warna chips porang, laju pengeringan, konsumsi laju spesifik, dan efisiensi pengeringan.

Variabel Terkontrol (*Controlled Variable*)

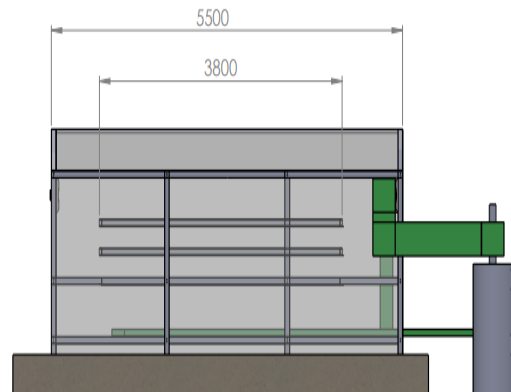
Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah beban pengeringan atau kapasitas pengeringan, kecepatan aliran udara panas, luas saluran udara panas, kecepatan aliran udara panas di *exhaust fan*, luas dinding plastik ultra violet (*UV solar dryer*) dengan tebal 0,02 mm sebagai penutup rumah pengering untuk penyerapan radiasi matahari dengan *UV protector 6%* dan rak jemur yang terdiri atas sembilan rak di dalam rumah pengering dan satu rak di luar sebagai tempat umbi porang dikeringkan.

Skema Rumah Pengering

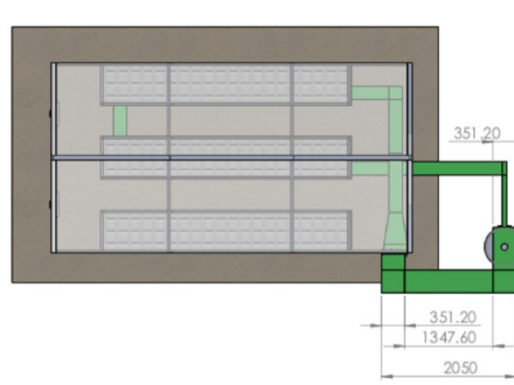
Gambar 1-3 menunjukkan desain dari rumah pengering plastik UV sistem hibrid.



Gambar 1. Tampak depan rumah pengering plastik UV (dalam satuan mm)



Gambar 2. Tampak samping rumah pengering plastik UV (dalam satuan mm)



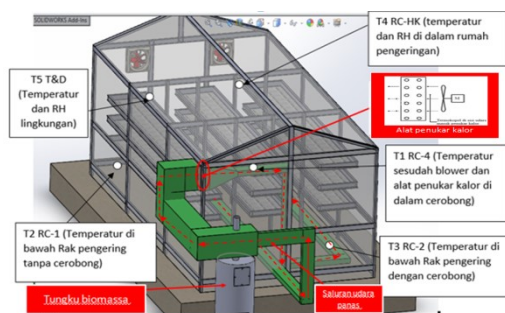
Gambar 3. Tampak atas rumah pengering plastik UV(dalam satuan mm)

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut.

- Mempersiapkan data awal perancangan baik dari referensi yang ada maupun dari lapangan yakni, menghitung volume rak jemur, mengukur kadar air umbi porang, dan timbang massa umbi porang.
- Merancang rumah pengering umbi porang menggunakan plastik ultra violet (*UV solar dryer*) sistem hibrid dengan mekanisme konveksi alamiah.
- Menempatkan lima titik pada alat penelitian guna memperoleh data studi eksperimen rumah pengering umbi porang menggunakan plastik ultra violet

(UV Solar Dryer) sistem hibrid dengan mekanisme konveksi alamiah.



Gambar 4. Sketsa untuk menentukan titik-titik alat uji.

Pengambilan data diambil setiap jam, dari jam 10.00 sampai dengan 15.00. Berikut data-data yang diambil :

- Mengukur temperatur dan kelembaban di dalam ruangan pengering.
- Melihat warna chips umbi porang setelah pengeringan dengan variasi ketebalan 3 mm, 4 mm, dan 5mm.
- Menghitung kadar air umbi porang yang dikeringkan dengan rumah pengering.

Analisis Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu sebagai berikut.

- Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan tempat dilakukan penelitian tersebut. Untuk mendukung proses pengambilan data maka sebelumnya dapat dibuat terlebih dahulu rumah pengering umbi porang.

- Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari studi literatur yang tersedia baik itu dari referensi buku, jurnal, artikel, diktat, dan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian tersebut (misalnya data intensitas cahaya matahari).

Salah satu faktor utama dalam proses pengeringan adalah penentuan kadar air. Pengeringan merupakan salah satu cara dalam proses pengurangan kandungan air dalam

suatu bahan hingga mencapai jumlah tertentu, maka standar mutu dari chips atau tepung porang yang ditetapkan secara nasional (SNI) dengan kadar air sebesar 12%. Semakin besar kadar air awal, makin besar pula energi panas yang diperlukan untuk mengeringkan bahan makanan tersebut. Berdasarkan bahan basis kering (*dry basis*) dan berdasarkan bahan basis basah (*wet basis*). Kadar air secara *dry basis* adalah perbandingan antara massa air didalam bahan tersebut dengan bahan keringnya. Kadar air secara *wet basis* adalah perbandingan antara massa air didalam bahan tersebut dengan massa bahan basah. Persamaan untuk menentukan kadar air sebagai berikut:

$$KA(bb) = \frac{Wb - Wk}{Wb} \times 100\% \quad (1)$$

dimana :

$KA(bb)$: Kadar air bahan berdasarkan bahan basis basah (*wet basis*)(%).

Wb : Massa bahan basah atau sebelum pengeringan (kg).

Wk : Massa bahan kering atau setelah pengeringan (kg).

Laju pengeringan adalah perbandingan antara selisih massa awal bahan dan massa akhir bahan yang dikeringkan dengan lamanya waktu pengeringan atau dapat dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{w_i - w_t}{t} \quad (2)$$

Dimana:

$\frac{dw}{dt}$: Laju pengeringan (kg/jam)

w_i : Kadar air awal (kg)

w_t : kadar air akhir (kg)

t : Waktu pengeringan (jam)

Efisiensi penggunaan energi merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan apakah rumah pengering sudah bekerja secara optimal atau belum. Efisiensi penggunaan energi dihitung berdasarkan mekanisme perpindahan panas konveksi yang terjadi

dalam rumah pengering, sehingga diperoleh efisiensi penggunaan energi sebagai berikut:

Untuk menghitung efisiensi termal rumah pengering tersebut digunakan persamaan :

$$\eta_s = \frac{Q_b + Q_{udara}}{Q_{ts} - Q_{loss}} \quad (3)$$

Untuk menghitung efisiensi pengeringan umbi porang tersebut digunakan persamaan:

$$\eta_{pengeringan} = \frac{Q_b}{Q_{ts} - Q_{loss}} \quad (4)$$

dimana :

η_s : Efisiensi termal rumah pengering

$\eta_{pengeringan}$:Efisiensi pengeringan

Q_{ts} : Energi total yang diberikan ke sistem (kJ)

Q_b : panas berguna pada bahan yang dikeringkan(kJ)

Q_{ud} : panas yang diterima akibat perpindahan kalor konveksi dari bahan ke udara pengering (kJ)

Q_{loss} : Energi yang dibuang (kJ)

Q_{tp} :Energi total pengeringan selama waktu pengeringan (kJ)

Hasil analisis konsumsi energi spesifik di dapat dari perbandingan antara energi total sistem terhadap massa air yang di uapkan, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

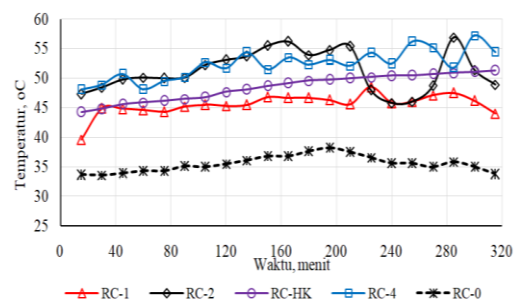
$$KES = \frac{Q_{ts}}{m_{uap}} \quad (6).$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

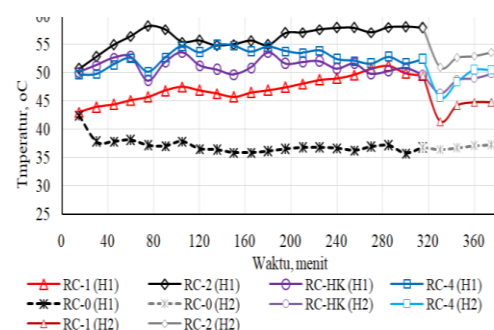
Pengaruh ketebalan umbi porang

Pengujian umbi porang dengan variasi ketebalan 3 mm, 4 mm dan 5 mm selama 4 hari dengan massa umbi porang konstan 8,5 kg. Gambar 5 hingga Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran temperatur yang diperoleh

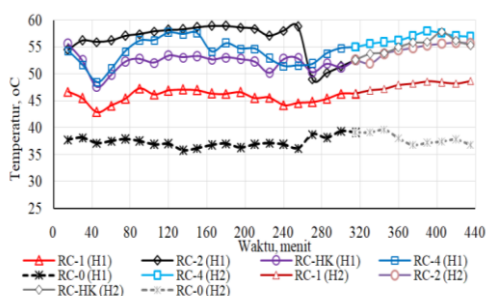
dari alat ukur, untuk temperatur lingkungan (RC-0) dengan temperatur rata-rata 35,52°C, 37,064°C dan 37,5°C. Sedangkan di dalam rumah pengering 3 alat ukur temperatur dan 1 alat ukur temperatur dan kelembaban. Alat ukur temperatur RC-1 pada dibawah rak pengering tanpa saluran udara panas dengan temperatur 45,57°C, 46,716°C dan 46,38°C. RC-2 dipasang pada rak pengeringan dengan saluran udara panas temperatur rata-ratanya 51,24°C, 55,624°C dan 55,84°C. RC-4 dipasang pada saluran udara panas sesudah blower dan alat penukar kalor dengan temperatur rata-rata 52.30°C, 52,064°C dan 54,82°C. Sedangkan alat ukur temperatur dan kelembaban (RC-HK) dipasang pada posisi tengah diatas rak pengeringan dengan temperatur rata-rata 48.49°C, 50,764°C dan 52,06°C.



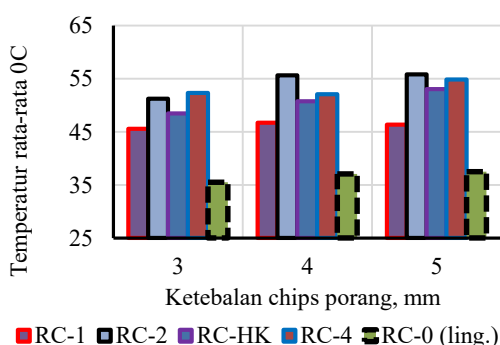
Gambar 5. Temperatur dalam rumah pengering dengan ketebalan 3 mm.



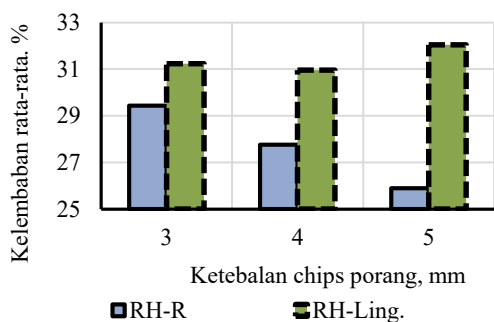
Gambar 6. Temperatur dalam rumah pengering dengan ketebalan 4 mm.



Gambar 7. Temperatur dalam rumah pengering dengan ketebalan 5 mm.



Gambar 8. Rata-rata temperatur dalam rumah pengeringan.



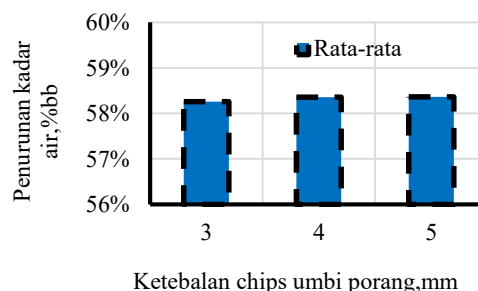
Gambar 9. Rata-rata kelembaban dalam rumah pengering.

Kelembaban rata-rata dalam rumah pengering dengan variasi ketebalan terlihat pada Gambar 9 Pada saat kondisi lingkungan normal, kelembaban rata-rata didalam rumah pengeringan selama 4 hari pengeringan berkisar antara 25% sampai 30%. Sedangkan kelembaban diluar rumah pengeringan berkisar antara 30% sampai 33%. Pada data

kelembaban dimana selalu berbanding terbalik dengan temperatur, jika kelembaban mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh cuaca yang mendung maka temperatur didalam rumah akan menjadi turun.

Pengaruh ketebalan umbi porang terhadap penurunan kadar air

Gambar 10 menunjukkan Kadar air awal umbi porang yang baru dipanen yaitu 70%bb, kemudian di keringkan sampai kadar air yang telah ditentukan yaitu 12%bb dengan massa umbi porang per ketebalan di dalam rumah pengering 8,5 kg terdistribusi secara merata pada sembilan rak di dalam rumah pengeringan. Berdasarkan penurunan kadar air basis basah pada pengeringan umbi porang yang dilakukan selama 4 hari penjemuran, diperoleh nilai rata-rata penurunan kadar air pada setiap ketebalannya, untuk ketebalan 3 mm penurunan kadar air sebesar 58,26%bb dengan waktu penjemuran umbi porang selama 5 jam, untuk 4 mm penurunan kadar air sebesar 58,36%bb dengan waktu penjemuran umbi porang selama 6,25 jam dan untuk ketebalan 5 mm penurunan kadar air sebesar 58,36%bb dengan waktu penjemuran umbi porang selama 7,25 jam.

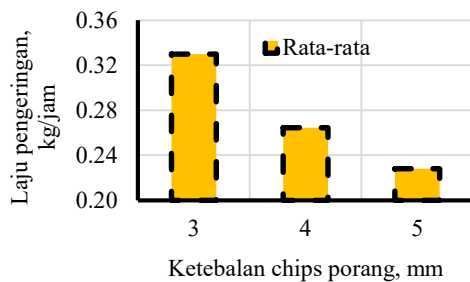


Gambar 10. Penurunan kadar air dengan variasi ketebalan chip umbi porang 3 mm, 4 mm dan 5 mm.

Pengaruh ketebalan umbi porang terhadap laju pengeringan

Hasil penelitian ini menunjukkan laju pengeringan yang terjadi selama 4 hari pengeringan dengan variasi ketebalan 3 mm, 4 mm dan 5 mm dan massa umbi porang yang

digunakan pada saat pengeringan sebesar 8,5 kg, dengan rata-rata laju pengeringan per ketebalannya sebesar 0,330 kg/jam untuk ketebalan 3 mm, 0,265kg/jam untuk ketebalan 4 mm dan 0,228kg/jam untuk ketebalan 5 mm. Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa ketebalan berpengaruh terhadap laju pengeringan dimana semakin tebal chips umbi porang maka laju pengeringan akan semakin menurun dan waktu pengeringan akan semakin lama.



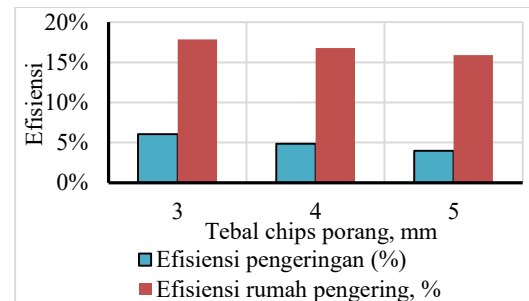
Gambar 11. Pengaruh ketebalan terhadap laju pengeringan umbi porang.

Efisiensi Penggunaan Energi dan Konsumsi Energi Spesifik (KES)

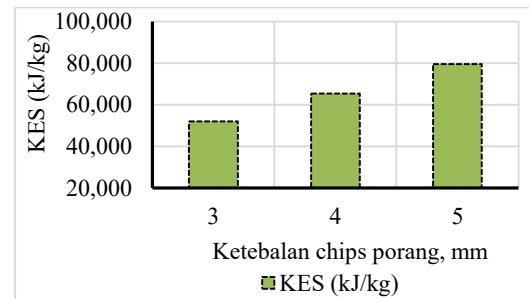
Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hasil analisis efisiensi penggunaan energi dan konsumsi energi spesifik (KES) dengan variasi ketebalan 3 mm, 4 mm dan 5 mm. Dimana efisiensi penggunaan energi dan konsumsi energi spesifik (KES) selalu berbanding terbalik sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan umbi porang maka efisiensinya akan rendah, begitupun sebaliknya jika semakin rendah energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan umbi porang maka efisiensinya akan semakin tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan dengan penambahan ketebalan chips umbi porang dengan beban pengeringan konstan terlihat relatif rendah pengaruhnya terhadap penurunan kadar air bahan chips umbi porang. Namun dengan adanya penambahan ketebalan chips umbi porang cenderung terjadi penurunan laju pengeringan. Hal ini meningkatkan konsumsi energi spesifik

pengeringan yang menyebabkan penurunan efisiensi terhadap penambahan ketebalan. Efisiensi total, efisiensi pengeringan, dan efisiensi rumah pengering masing-masing diperoleh pada ketebalan chips 3 mm, yakni sebesar 34,51%, 17,86 % dan 6,06%.



Gambar 12. Efisiensi penggunaan energi terhadap ketebalan chips umbi porang



Gambar 13. Konsumsi energi spesifik terhadap ketebalan chips umbi porang

KESIMPULAN

Hasil penelitian terhadap rumah pengering sistem hibrid (energi surya-biomassa) pada pengeringan umbi porang dengan menggunakan plastik ultra violet (*UV solar dryer*) dan tungku biomassa dengan variasi ketebalan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dari data temperatur yang diperoleh antara temperatur saluran udara panas (RC-2, RC-4) dan temperatur rumah pengering (RC-1, RC-HK) dan temperatur (RC-0), dimana temperatur dalam rumah pengering dan saluran

udara panas dengan selisih temperatur untuk masing-masing pengujian, yaitu 4,75 °C untuk ketebalan 3 mm, 5,10°C untuk ketebalan 4 mm dan 5,61°C untuk ketebalan 5 mm.

- Kadar air akhir *chips* umbi porang setelah proses pengeringan dengan variasi ketebalan masing-masing 3 mm, 4 mm dan 5 mm pada beban tetap 8,5 kg, secara berurutan diperoleh 11,74%bb dengan lama pengeringan selama 5 jam, 11,64%bb dengan lama pengeringan selama 6,25 jam, dan 11,64%bb dengan lama pengeringan 7,25 jam dari asumsi kadar air awal *chips* umbi porang segar 70 %bb. Sedangkan laju pengeringan untuk masing-masing variasi ketebalan adalah sebesar 0,330 kg/jam untuk ketebalan 3 mm, 0,265 kg/jam untuk ketebalan 4 mm dan 0,228 kg/jam.
- Penambahan ketebalan chip umbi porang menyebabkan terjadi penurunan laju pengeringan. Hal ini meningkatkan konsumsi energi spesifik pengeringan yang menyebabkan penurunan efisiensi terhadap penambahan ketebalan. Efisiensi total, efisiensi pengeringan, dan efisiensi rumah pengering masing-masing diperoleh pada ketebalan *chips* 3 mm, yakni sebesar 34,51 %, 17,86 % dan 6,06 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. S. Maulana and A. Kurniawan, "Pengaruh Kecepatan Aliran Udara Panas Terhadap Kualitas Pengeringan Keripik Porang dengan Dimensi Ruang Pengering 1 m³ Menggunakan Heater 700 Watt," *J. IPTEK*, vol. 23, no. 2, pp. 87–92, 2019.
- [2]. S. Koswara, "Teknologi pengolahan umbi-umbian," *United States Agency Int. Dev.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–44, 2013.
- [3]. M. Munandarsyah, R. Agustina, and K. Siregar, "Peningkatan Kinerja Mesin Pengering Hybrid Melalui Modifikasi Tungku Biomassa Untuk Pengeringan Ikan Tongkol (*Euthynus affinis*)," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 3, no. 3, pp. 1–10, 2018, doi: 10.17969/jimfp.v3i3.8134.
- [4]. E. Martiani, M. Murad, and G. M. D. Putra, "Modifikasi dan uji performansi alat pengering hybrid (surya-biomassa) tipe rak," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 5, no. 1, pp. 339–347, 2017.
- [5]. F. R. Abadi, N. R. Ahmadi, and A. Nurhasanah, "Keragaan Pengering Hybrid Energi Surya dan Biomasa untuk Pengeringan Sawut Ubi Kayu Terfermentasi," *Bul. Palawija*, vol. 16, no. 2, p. 54, 2018, doi: 10.21082/bulpa.v16n2.2018.p54-64.
- [6]. S. Hadi, "Laju pengeringan kapulaga menggunakan alat pengering efek rumah kaca dengan bantuan tungku biomassa," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 49–58, 2015.
- [7]. M. Z. Pratama, R. Agustina, and A. A. Munawar, "Kajian Pengeringan Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) berdasarkan Variasi Ketebalan Lapisan Menggunakan Tray Dryer," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 5, no. 1, pp. 351–360, 2020.
- [8]. N. Saleh, S. A. Rahayuningsih, B. S. Radjit, E. Ginting, D. Harnowo, and I. M. J. Mejaya, *Tanaman Porang*. 2015.
- [9]. N. Asiah, U. Bakrie, M. Djaeni, and U. Diponegoro, [DATE] [DOCUMENT TITLE], no. September. 2021.
- [10]. H. Suhardiyanto, *Teknologi Rumah Tanaman Untuk Iklim Tropika Basah Pemodelan dan Pengendalian Lingkungan*. bogor: IPB PRESS, 2010.
- [11]. Y. Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach*, 2nd ed., vol. 53, no. 9. McGraw Hill, 2002.
- [12]. I. R. Nugroho Adi Sasongko, Amarulla Octavian, Marsetio, Rudy Laksmo, Abimanyu Hilmawan and Universitas, "Pengembangan Pemanfaatan Teknologi Energi Surya Dalam Upaya Pemenuhan Dukungan Logistik Air Di Markas Tni Perbatasan Maritim : Studi Di Pos Tni Al, Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur."
- [13]. I. Royana, "Perancangan Teknologi Energi Surya untuk Mengatasi Kekeringan di Daerah Perbatasan: Studi

- Kasus di Desa Sulamu, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur,” *J. Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 11, no. 2, pp. 123–137, 2020, [Online]. Available:
<https://jdpb.bnpb.go.id/index.php/jurnal/article/view/169>.
- [14]. R. Sary, “Kaji eksperimental pengeringan biji kopi dengan menggunakan sistem konveksi paksa,” *J. POLIMESIN*, vol. 14, no. 2, p. 13, 2017, doi: 10.30811/jpl.v14i2.337.
- [15]. T. Panggabean, A. Neni Triana, and A. Hayati, “Kinerja Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak dengan Energi Surya, Biomassa, dan Kombinasi,” *Agritech*, vol. 37, no. 2, p. 229, 2017, doi: 10.22146/agritech.25989.
- [16]. J.P. Holman, *Heat Transfer*, 10th ed. McGraw-Hill Companies, 2010.