

Rancang Bangun dan Pengujian Mesin Pengering Rotari dengan Pemanas dan Penggerak Tenaga Surya pada Pengeringan Jamur Tiram

Melvin Emil Simanjuntak^{1*}, Nelson Manurung¹, Melvin B. H. Sitorus¹, Jeremi Gideon Turnip¹, Henry H. Lumbantoruan², Teng Sutrisno³, Ian Hardianto Siahaan³, Janter P. Simanjuntak⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU Medan 20155, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No 1 Kampus USU Medan 20155, Indonesia

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

⁴Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

Jl. William Iskandar Ps. V, Deli Serdang 20221, Sumatera Utara

* Penulis korespondensi; E-mail: melvinsimanjuntak@polmed.ac.id

ABSTRAK

Jamur tiram sudah cukup banyak dikonsumsi masyarakat pada saat ini. Untuk dapat disimpan lebih lama kadar air jamur perlu diturunkan hingga kurang dari 10%. Pengeringan yang banyak digunakan untuk jamur adalah pengeringan surya. Penggunaan pengering rotari dapat mempersingkat waktu pengeringan. Penelitian ini meliputi rancang bangun dan pengujian pengeringan dari mesin pengering rotari yang menggunakan energi surya sebagai pemanas dan penggerak. Hasil rancang bangun memperoleh alat pengering yang dapat beroperasi dengan baik. Ukuran panjang, lebar dan tinggi ruang pengering masing masing 500 mm x 500 mm x 1250 mm dan memiliki 3 drum pemutar. Sel surya untuk menyerap energi matahari untuk memutar drum. Untuk menaikkan temperatur udara pengering digunakan dua buah kolektor surya. Sampel jamur dicacah dengan ukuran sekitar 1 cm yang diletakkan dalam drum yang berputar 30 rpm. Setiap drum berisi 400 gr sampel. Kolektor surya yang diletakkan pada arah utara dan selatan. Pengukuran massa dilakukan setiap 30 menit. Hasil pengujian menunjukkan kadar air jamur pada drum 1, 2 dan 3 berkurang masing masing dari sebesar 96,8%, 92,2%, dan 96,7% menjadi masing masing sebesar 7,8%, 1,2% dan 4,7% pada pukul 16,25 di hari II. Kadar air mencapai 10% setelah pengeringan selama 5,5; 4,5 dan 6,5 jam.

Kata kunci: Rancang bangun, pengujian, pengering rotari, energi surya, jamur tiram.

ABSTRACT

Oyster mushroom is quite widely consumed by the public at this time. To be stored longer, the moisture content of the mushrooms needs to be reduced to less than 10%. A widely used drying method for mushrooms is solar drying. The use of a rotary dryer can shorten the drying time. This research covers the design and testing of the drying of a rotary dryer that uses solar energy for heating and to turn the drum. The design results in a dryer that can operate properly. The dimensions of the length, width and height of the drying chamber are 500 mm x 500 mm x 1250 mm, respectively, and it has three rotating drums. Solar cell to convert solar energy to rotate the drum. Two solar collectors to increase the drying air temperature. Mushroom samples were chopped to a size of about 1 cm, which was placed in a 30 rpm rotating drum. Each drum contains 400 gr of sample. Solar collectors are placed in the north and south directions. Mass measurement is done every 30 minutes. The test results showed that the moisture content of the mushrooms in drums 1, 2, and 3 decreased from 96.8%, 92.2%, and 96.7%, respectively, to 7.8%, 1.2%, and 4.7%, respectively, at 16.25 on day II. Moisture content reaches 10% after drying for 5.5, 4.5, and 6.5 hours.

Keywords: Design, testing, rotary dryer, solar energy, oyster mushrooms.

PENDAHULUAN

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) saat ini telah banyak dikonsumsi masyarakat. Hal ini disebabkan kandungan gizi yang dimiliki seperti kadar protein, mineral dan vitamin yang tinggi, kadar lemak, karbohidrat dan kalori yang rendah. Di samping itu juga terdapat sejumlah fosfor, besi, kalsium dan beberapa jenis asam amino [1]. Jamur tiram segar memiliki kadar air yang tinggi sehingga tidak dapat disimpan untuk jangka waktu yang lama. Untuk menambah masa simpan produk jamur ini perlu dikeringkan. Jamur tiram putih ditunjukkan pada gambar 1. Pengerian akan memperlambat aksi enzim, bakteri, ragi dan jamur [2] yang membusukkan jamur. Pengerian dengan menggunakan energi matahari merupakan salah satu pilihan terbaik mengingat jumlahnya tersedia sepanjang tahun dan gratis. Selain itu desain pengerian umumnya sederhana dan biaya operasional yang rendah. Kendala pada pengerian dengan matahari adalah cuaca yang berubah ubah sehingga lamanya pengerian tidak selalu dapat diprediksi. Selain itu pengerian dengan matahari banyak dilakukan pada lapangan terbuka sehingga dapat mengurangi kualitas produk karena akan banyak kotoran yang menempel. Pengerian dengan panas matahari banyak dilakukan pada kondisi statis dimana material yang dikeringkan ada dalam keadaan diam. Pada kondisi ini, material harus dibalik secara periodik agar material mendapat panas yang merata. Model pengerian seperti ini adalah pengerian *tray drying* atau pengerian di lapangan terbuka.

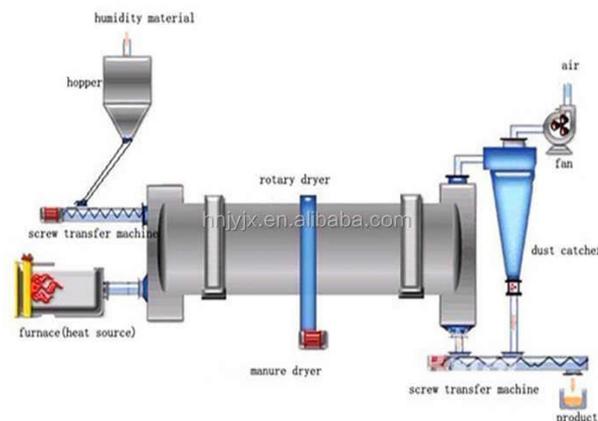


Gambar 1. Jamur tiram

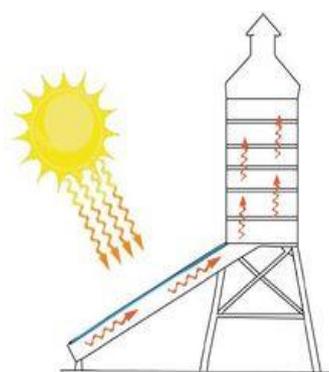
Pada pengerian surya, energi panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari masuk ke dalam kolektor. Panas akan terperangkap di dalam kolektor tersebut kemudian dialirkan ke ruang pengerian yang berisikan material yang akan dikeringkan. Kadar air yang terdapat pada produk akan terbawa oleh udara panas dan selanjutnya terbuang ke udara luar melalui cerobong. Model pengerian surya yang pernah dicoba seperti pengerian dengan satu kolektor. [3] melaporkan data mengenai efektifitas pengerian coklat dengan menggunakan satu buah kolektor yang disertai dengan pemakaian PCM. Penelitian mengenai karakteristik pengerian tomat menggunakan pengerian surya satu kolektor dilakukan oleh peneliti

[4]. Peneliti [5] menginformasikan proses fabrikasi dan efektifitas pengerian surya dengan dua kolektor pada pengerian pisang. Sedangkan [6] menginformasikan hasil penelitian mengenai efisiensi pengerian jamur tiram menggunakan pengerian surya dengan mengatur laju aliran udara panas dan ventilasi. Contoh pengerian surya dan pengerian rotari ditunjukkan pada gambar 2.

Pengerian rotari dapat mempersingkat waktu yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan putaran wadah dapat membuat panas yang diterima oleh material lebih merata. Putaran berlangsung cukup lambat dan akan membutuhkan tambahan energi. Pengerian rotari telah banyak digunakan untuk mengeringkan produk pertanian [7] dan [8]. Pengembangan pengerian surya yang dikombinasikan dengan pompa kalor dilakukan oleh [9] untuk mengeringkan padi. Sedangkan penelitian mengenai pengerian *rotary* yang telah dikombinasikan microwave dan vakum dilakukan oleh [10] untuk mengeringkan irisan kentang. Hingga saat ini belum terdapat literatur alat pengerian yang menggabungkan pengerian rotari dengan pengerian surya yang memiliki 2 buah kolektor sekaligus menggunakan energi matahari sebagai sumber tenaga penggerak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan alat pengerian rotari dengan sumber panas dan penggerak dari matahari. Selain itu juga untuk mendapatkan kinetika pengerian jamur tiram dengan menggunakan alat tersebut. Kinetika pengerian meliputi kadar air dan laju pengerian.



(a)



(b)

Gambar 2. a. Pengerian rotari dan b. Pengerian surya

METODE

Penelitian ini meliputi desain, rancang bangun dan pengujian terhadap alat yang dihasilkan. Rancang bangun dilakukan dengan menggunakan berbagai alat pertukangan seperti ditunjukkan pada gambar 3. Pengujian dilakukan pada tanggal 24 pukul 15.10 – 16.55 WIB dan tanggal 25 Agustus 2023 pukul 08.25 – 16.55 di depan Lab. CNC Politeknik Negeri Medan dengan putaran drum sebesar 30 rpm. Pemilihan putaran didasarkan pada pertimbangan kemampuan alat yang tersedia, dan stabilitas putaran dan putaran yang digunakan pada penelitian lain. Putaran yang lebih tinggi cenderung menghasilkan laju pengeringan yang lebih cepat. Effendy dkk, 2018 mengeringkan biji jagung menggunakan putaran 8, 12, 16 dan 24 rpm memperoleh informasi putaran 24 rpm menghasilkan pengeringan yang lebih cepat. Sedangkan [11] mengeringkan kacang hijau menggunakan putaran 5, 10 dan 15 rpm. Pengeringan pada putaran 15 rpm memberikan pengeringan yang lebih cepat dan efisiensi yang paling tinggi. Sedangkan [12] mengeringkan biji jagung menggunakan putaran 8, 12, 16 dan 24 rpm memperoleh informasi putaran 24 rpm menghasilkan pengeringan yang lebih cepat. Pengeringan tekstil dilakukan pada putaran lebih tinggi lagi seperti [13] menggunakan 50 rpm.

Material yang digunakan pada penelitian terdiri dari beragam jenis seperti aluminium *composite panel* (acp), besi siku, motor DC, bantalan, *dimmer*, besi poros seperti ditunjukkan pada gambar 4.

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada gambar 5. Studi literatur dilakukan untuk menentukan kebaharuan dan dasar teori yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan desain dan pem-

buatan dan selanjutnya dilakukan pengujian. Apabila hasil pengujian dari yang umum maka dilakukan pengulangan dengan memeriksa setting peralatan ataupun parameter.

Pembuatan alat pengering didahului dengan membuat rangka ruang pengering menggunakan bahan bahan besi siku, triplek dan apc menggunakan gerinda, las dan bor. Pintu dibuat dari akrilik sehingga dapat melihat jamur yang akan dikeringkan. Didalam ruang pengering dipasang drum roaster tempat jamur yang akan dikeringkan. Drum berukuran diameter 20 cm dan Panjang 40 cm yang dapat memuat jamur hingga 500 gr (50% volume). Selanjutnya pembuatan rangka sel surya menggunakan besi siku, besi pipa dan *mounting parabola*. Bagian berikutnya adalah pembuatan solar kolektor menggunakan besi siku, baja ringan dan abahn lainnya. Urutan material solar kolektor dari bagian bawah ke atas adalah tripleks, *styrofoam*, *rockwool* dan pelat aluminium bersirip sebagai absorber. Dinding solar kolektor dibuat dari bahan baja ringan. Sedangkan tutup bagian atas menggunakan kaca lembaran dengan tebal 3 mm. Energi matahari akan diserap oleh sel surya MSX60 dan memiliki daya 53,6 Wp dan diubah menjadi arus listrik dengan tegangan 20,8 V, arus 4 A. Aliran listrik ini dihubungkan ke *solar charger controller* kemudian disimpan ke dalam aki kering G-Force 12 V 35 Ah. Listrik DC yang diperoleh dari aki kemudian disambungkan ke *dimmer* selanjutnya disalurkan ke 3 buah motor DC AE262100-0203 DC Worm Gear Motor 12 V.

Ruang pengering memiliki ukuran tinggi, panjang dan lebar masing masing 100 x 50 x 50 cm. Didalam ruang pengering diletakkan 3 buah drum pemutar yang memiliki putaran yang sama sebesar 30 rpm.



Gerinda tangan



Mesin las listrik



Bor listrik



Rivet gun



Meteran

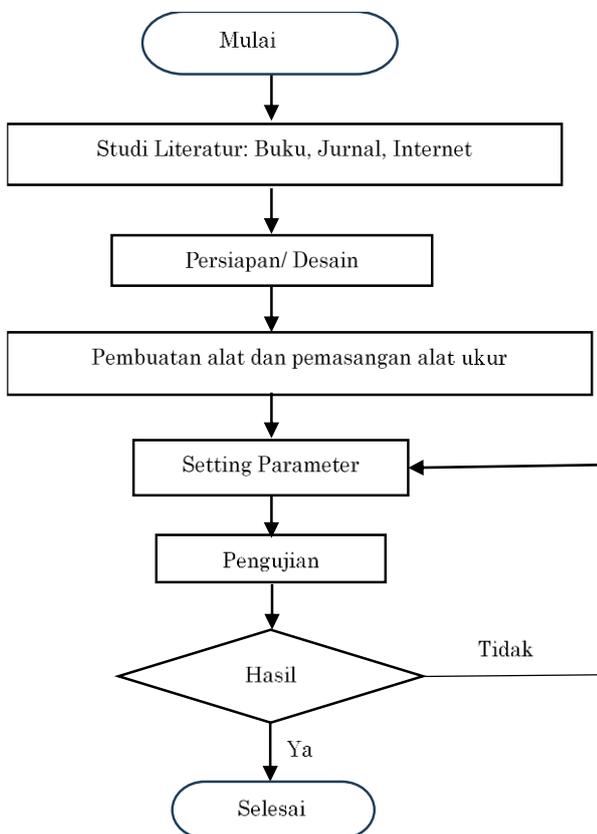


Gunting pelat

Gambar 3. Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan alat pengering



Gambar 4. Bahan bahan yang digunakan



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Penggunaan 3 buah drum di dalam ruang pengering adalah untuk menyesuaikan dengan volume ruang pengering dan ukuran drum yang sesuai untuk pemasukan dan pengeluaran jamur. Ketika dilakukan pengujian. Putaran ini diatur dengan menggunakan dimmer dan diukur menggunakan *tachometer* Tasi TA 8146 dengan akurasi 0,1 rpm. Berat drum pemutar adalah sama yaitu 400 gr. Massa sampel untuk drum pemutar 1, 2 dan 3 masing masing seberat 400 gr yang diukur menggunakan neraca massa SF-400C yang memiliki akurasi 0,01 gr. Sebelum dikeringkan, sampel jamur terlebih dulu diiris iris dengan lebar sekitar 1 cm menggunakan pisau tipis. Solar kolektor diletakkan pada sisi utara dan selatan untuk menerima pemanasan dari matahari tanpa terhalang ruang pengering. Intensitas radiasi matahari diukur menggunakan solar *power meter* SM 206-Solar dengan akurasi 10 W atau 5%.

Temperatur udara yang ada di dalam kolektor surya akan naik kemudian akan bergerak ke dalam ruang pengering untuk mengeringkan sampel jamur. Selanjutnya keluar dari bagian atas ruang pengering setelah membawa kandungan air yang keluar dari jamur. Pengukuran temperatur di dalam ruang pengering menggunakan temperatur *data logger* Elitech RC-4HC dengan akurasi 0,1 °C. Sedangkan temperatur di dalam kolektor diukur menggunakan termometer air raksa.

Data data temperatur, intensitas radiasi diukur setiap 15 menit sedangkan massa sampel jamur diukur setiap 30 menit. Kadar air pada penelitian ini dihitung mengikuti persamaan (1).

$$M_c = \frac{M_w}{M_{total}} \times 100 \% \quad (1)$$

dimana :

M_c = kadar air dengan basis basah (%)

M_w = massa air dalam sampel (gr)

M_{total} = massa air + padatan (gr)

Sedangkan laju pengeringan dihitung berdasarkan persamaan (2)

$$DR = \frac{M_{t_1} - M_{t_2}}{\Delta t} \quad (2)$$

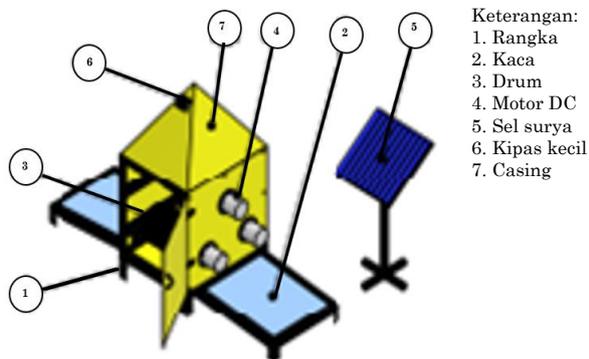
dimana

DR = laju pengeringan, gr/menit

M_{t_1} = kadar air pada waktu t, gr

M_{t_2} = kadar air pada waktu t + 30 menit, gr

Δt = selang waktu, menit



Gambar 6. Benda kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

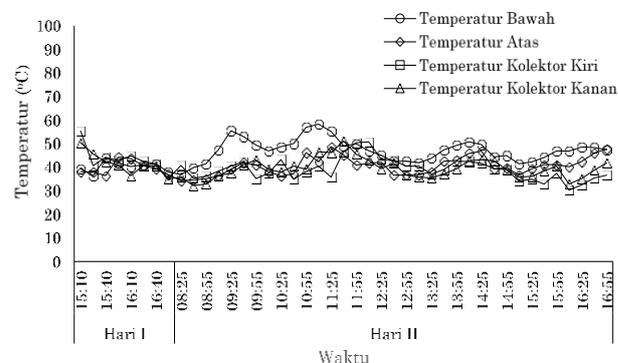
Alat pengering yang diperoleh ditunjukkan seperti gambar 7. Alat ini dapat dioperasikan dengan baik dimana temperatur di dalam ruang pengering lebih tinggi dibanding udara luar, dan drum pengering dapat berputar terus menerus sesuai dengan putaran yang diinginkan. Sel surya dapat menyerap panas matahari dan mengubahnya menjadi tegangan 12 V yang disimpan di dalam aki. Posisi drum 1 ada di bagian bawah depan dekat dengan pintu akrilik. Drum 2 ada di bawah belakang dan drum 3 ada di bagian atas.

Hasil pengukuran temperatur udara di dalam ruang pengering dan di dalam kolektor surya ditunjukkan pada gambar 8. Temperatur bawah menunjukkan temperatur pada bagian bawah (lantai ruang pengering), Temperatur atas menunjukkan temperatur pada bagian atas ruang pengering setelah panas melewati drum. Temperatur kolektor diukur pada bagian dalam kolektor kiri dan kanan. Hasil pengukuran menunjukkan temperatur di dalam ruang pengering lebih tinggi yang menunjukkan adanya konsentrasi panas di dalam ruang pengering

bagian bawah, Fluktuasi temperatur yang terjadi sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca termasuk tutupan awan. Temperatur paling tinggi terjadi pada siang hari pukul 11,25 yaitu 58,3 °C.



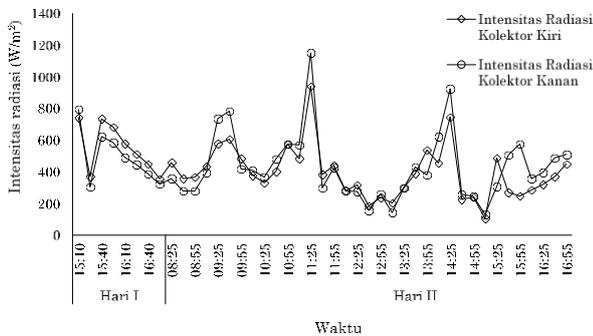
Gambar 7. a. Pengering rotari hasil rancang bangun dan b. Posisi drum pemutar



Gambar 8. Temperatur udara luar, kolektor dan di dalam ruang pengering

Intensitas radiasi matahari hasil pengukuran ditunjukkan pada gambar 9. Nilai intensitas radiasi terlihat bervariasi. Hal ini dapat disebabkan oleh pengaruh tutupan awan, posisi alat ukur. Intensitas radiasi paling tinggi diperoleh pada pukul 11.25 baik pada kolektor sebelah kiri maupun kolektor sebelah kanan. Secara tren, hasil pengukuran pada kolektor kiri dan kanan terlihat sama yang menunjukkan cara pengukuran yang digunakan sama. Hasil pengukuran terlihat berfluktuasi disebabkan karena cuaca termasuk tutupan awan yang berubah ubah dan sangat berpengaruh terhadap nilai intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi paling tinggi sebesar 1149,9 W/m² juga terjadi pada pukul 11.25 sebagaimana temperatur paling tinggi seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Fluktuasi temperatur dan intensitas radiasi juga memiliki pola yang berdekatan. Saat intensitas radiasi matahari tinggi akan menimbulkan temperatur udara di dalam ruang pengering ataupun kolektor tinggi. Demikian juga sebaliknya. intensitas radiasi rendah akan diperoleh temperatur udara yang juga rendah. Dengan demikian intensitas radiasi matahari yang diukur di sekitar kolektor memiliki korelasi yang kuat dengan temperatur udara di ruang pengering. Pada saat temperatur udara di dalam ruang pengering tinggi, beberapa saat kemudian akan

diperoleh laju pengeringan yang tinggi sehingga kadar air lebih cepat berkurang. Hal ini seperti lebih jelas terlihat pada gambar 11 pada di sekitar jam 8.25, pukul 12.55 ketika kandungan air di dalam bahan masih cukup banyak.



Gambar 9. Intensitas radiasi matahari

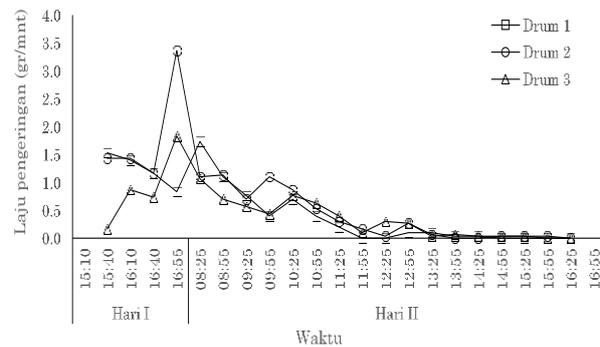
Jamur sesudah dan sebelum pengering ditunjukkan pada gambar 10. Setelah dikeringkan, jamur tampak berwarna lebih gelap karena adanya proses pencoklatan oleh enzim polifenol oksidase [14]. Gambar 10 menunjukkan jamur pada drum 3 terlihat warnanya sedikit lebih putih. Jamur pada drum ini mengalami pengeringan lebih lambat sehingga proses pencoklatan juga berlangsung lebih lambat dibanding drum 1 dan 2.



Gambar 10. Jamur tiram sebelum dan sesudah dikeringkan

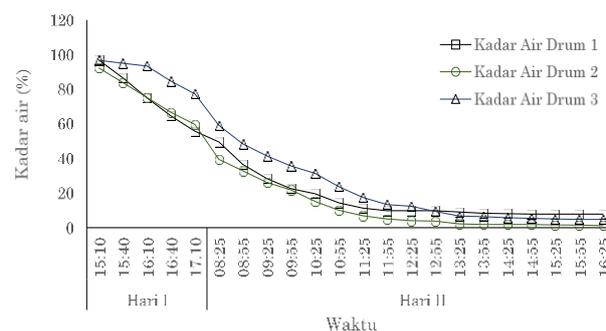
Laju pengeringan ditunjukkan pada gambar 11. Laju pengeringan tertinggi diperoleh pukul 15.10 dimana kadar air pada jamur merupakan yang paling tinggi sehingga pengurangan kadar air adalah yang paling cepat. Dari ketiga drum yang digunakan yang paling tinggi adalah pada drum 2 diikuti drum 1 kemudian drum 3. Proses pengeringan terjadi dengan adanya perbedaan kadar air antara udara pengering dan permukaan jamur. Ketika kandungan

air pada permukaan jamur lebih tinggi dibanding kandungan air di udara pengering, maka *moisture* akan berdifusi ke udara. Kemudian akan diikuti oleh pergerakan/difusi *moisture* dari bagian dalam jamur ke permukaan jamur. Proses perpindahan massa ini berlangsung secara simultan dengan perpindahan panas dari udara ke jamur dan energi panas harus disuplai terus menerus untuk mengeluarkan air dari jaringan jamur [15].



Gambar 11. Laju pengeringan jamur

Panas akan mempercepat difusi uap air yang ada di permukaan jamur ke udara. Hal ini akan berlangsung terus menerus hingga terjadi kesetimbangan antara kadar air pada udara pengering dan permukaan jamur. Setelah kesetimbangan ini terjadi maka proses pengeringan akan berhenti. Drum 1 berada paling dekat ke pintu akrilik sehingga ada tambahan radiasi yang tidak diukur pada penelitian ini. Pada hari kedua pukul 8.25 terlihat laju pengeringan yang tinggi. Kondisi ini bukanlah proses pengeringan matahari secara langsung melainkan penurunan kadar air pada pergantian hari pertama ke hari kedua. Hal ini berlaku pada ketiga drum.



Gambar 12. Kadar air jamur

Kadar air jamur selama pengeringan ditunjukkan pada gambar 12. Kadar air paling cepat berkurang terdapat pada jamur di drum 2. Kadar air awal jamur yang terdapat pada drum 1, 2 dan 3 masing masing sebesar 96,8%, 92,2%, dan 96,7%. Kadar air akhir jamur pada drum 1, 2 dan 3 yang diukur hingga akhir pengeringan pada pukul 16.25 adalah 7,8%, 1,2% dan 4,7%. Kadar air mencapai 10% untuk drum 1, 2 dan 3 diperoleh setelah pengeringan pada pukul 11.55, 10.55 dan 12.55 atau pengeringan

selama 5,5; 4,5 dan 6,5 jam. Laju pengeringan yang tinggi akan menurunkan kadar air lebih cepat seperti terlihat pada gambar 11 pukul 16.10 sampai pukul 16.55 dan gambar 12 pukul 16.10 sampai pukul 17.10 di hari pertama. Demikian juga untuk hari kedua pukul 9.55. Pengeringan ini cukup cepat disebabkan karena penggunaan 2 kolektor dan adanya drum pemutar. [6] mendapatkan pengeringan dengan jamur tiram menggunakan pengering surya membutuhkan waktu hingga 4,5 jam dengan kadar air awalnya sekitar 73%.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini alat pengering rotari dengan sumber energi matahari dapat dibuat dan beroperasi dengan baik. Ruang pengering berukuran panjang lebar dan tinggi masing masing 500 mm x 500 mm x 1250 mm dan memiliki 3 drum pemutar. Kolektor surya ada dua buah yang berguna untuk mengumpulkan panas dan memiliki kemiringan 20°. Pada pengujian kolektor diletakkan pada posisi utara – selatan. Sel surya digunakan untuk mendapatkan energi listrik dari matahari yang selanjutnya digunakan untuk memutar drum. Kadar air jamur pada drum 1, 2 dan 3 berkurang masing masing dari sebesar 96,8%, 92,2%, dan 96,7% menjadi masing masing sebesar 7,8%, 1,2% dan 4,7% pada pukul 16,25 di hari II. Kadar air mencapai 10% setelah pengeringan selama 5,5; 4,5 dan 6,5 jam. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan melihat pengaruh berbagai putaran, pengaruh aliran udara pengering, penggunaan alat/bahan yang dapat lebih meningkatkan laju pengeringan. Sedangkan untuk aplikasinya alat ini dapat diterapkan pada petani yang membutuhkan pengeringan skala kecil terutama di musim hujan dan produk yang bersih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada P3M Politeknik Negeri Medan atas pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini melalui skema Penelitian Terapan Inovasi (PTI) Tahun 2023 dengan Nomor kontrak B/255/PL5/PT.01.05/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kumari, D., Reddy, M. S. dan Upadhyay, R. C. 2011. Nutritional composition and antioxidant activities of 18 different wild *Cantharellus* mushrooms of Northwestern Himalayas. *Food Science and Technology International*, 17, pp. 557-567.
- [2] Mohana, Y., Mohanapriya, R., Anukiruthika, T., Yoha, K.S., Moses, J.A. dan Anandharamakrishnan, C. 2020. Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. *Solar Energy*, 208, pp. 321–344.
- [3] Dina, S.F., Ambarita, H., Napitupulu, F.H., dan Kawai, H. 2015, Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans. *Case Studies in Thermal Engineering*, 5, pp. 32–40.
- [4] Noori, A.W., Royen, M.J., dan Haydary J. 2019. An active indirect solar system for food products drying. *Acta Chimica Slovaca Slovaca*, 12(1), pp. 142–149.
- [5] Pruengan, P., Pathaveerat, S., dan Pukdeewong, P. 2021. Fabrication and testing of double-sided solar collector dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27, pp. 101335.
- [6] Sukkanta, P., Eiamki, K., Junset, N. dan Mongkoldhumrongkul, K. 2022. Oyster mushroom drying efficiency using a solar dryer. *3rd International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering (PEEE 2022)* 18–20 November 2022. *Energy Reports* 9, pp.479–486.
- [7] Delele, M. A., Weigler, F. dan Melman J. 2014. *Advances in the Application of Rotary Dryer for Drying of Agricultural Products: A Review. Drying Technology: An International Journal*. 33,5, pp. 541-558.
- [8] Simanjuntak, M.E., Ristiarini, S., dan Widya-wati P.S. 2022. *The effect of rotary drying temperature on drying characteristic and antioxidant activity of *Etilingera elatior* Jack. Food Research*, 6,3, pp. 196-202.
- [9] Monteiro, R.L., de Moraes, J.O., Gomide, A.I., Carciofi, B. A. M. dan Laurindo, J.B., 2022. *Temperature control for high-quality oil-free sweet potato CHIPS produced by microwave rotary drying under vacuum. Food Science Technology*, 157, pp. 1-12.
- [10] Yahya, M., Fahmi, H., Hasibuan R., dan Fudholi, A. 2023. *Development of hybrid solar-assisted heat pump dryer for drying paddy. Case studies in thermal engineering*, 45, pp. 1-13.
- [11] Kadeh, M., Abbaspour-Gilandeh, Y. dan Chen G. 2020. *Drying kinetic, quality, energy and, exergy performance of hot air-rotary drum drying of green peas using adaptive neuro-fuzzy inference system. Food and Bioproducts Processing*, 124, pp. 168-183.
- [12] Effendy, S., Syarif, A., Zulkarnain, Setiady, R. R., Kholik, M. A. S. 2018. *Kajia prototype dryer berdasarkan putaran silinder pengering dan laju aliran udara terhadap efisiensi thermal pengeringan biji jagung, Jurnal Kinetika* 9,02, pp. 43 – 49.
- [13] Kim, H., Kim, S. dan Park, C.H. 2022. *Improvement in drying performance through sample movement change in tumble dryers. Sage Journal*, 92, pp. 23-24.
- [14] Gong, C., Gao, W., dan Wu, S. 2023. *Inhibitive effects of phytic acid combined with glutathione on the browning and oxidation of King Oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) slices during drying and storage. Food Chemistry*, 19, pp.1-4.

- [15] Jayaraman, K.S., dan Gupta, D.K.D. 2015. *Drying of Fruit and Vegetables* dalam *Handbook of Industrial Drying*. 4th Ed, Editor Arun S. Mujumdar, CRC Press. Boca Roton. United States of America, pp. 614.