

KINERJA ALAT TIPE TRAY DRYER DENGAN MEMANFAATKAN SISTEM SOLAR CELL UNTUK PENDINGINAN BIJI KAKAOYoga Kurniawan^{1*}, Selastia Yuliaty¹, Indah Purnamasari²¹Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang*Corresponding author: yoku237@gmail.com**ABSTRACT**

Currently, the community is still drying cocoa beans manually (conventionally) by utilizing the energy of sunlight (sun-dried) so that it takes quite a long time. The purpose of this study was to speed up the drying process of cocoa beans by using a tray dryer. Tray dryer type dryers are designed to utilize energy from solar cells as drying media. In this study, a solar cell type tray dryer was designed to have a capacity of 1 kg with 4 trays made of aluminum, this tool is also equipped with a solar cell with a capacity of 50 watt-peak (Wp). Parameters measured in this study included mass of cocoa beans before drying, mass of cocoa beans after drying, temperature of cocoa beans entering, temperature exiting cocoa beans, air inlet temperature, air outlet temperature, inlet air rate, air outflow rate, convection; conduction; radiation of heat transfer, humidity, and relative humidity with drying temperature variations of 60 °C and 70 °C, as well as drying time variations of 15 minutes to 180 minutes. Determine the efficiency of the tray dryer from heat transfer by conduction, convection and radiation. The results showed that the performance of the solar cell type tray dryer was optimal for drying cocoa beans because it was able to evaporate the moisture content in cocoa beans with a final value of 11.88% at 70 °C for 180 minutes. Based on the results of research that has been done, the quality of cocoa beans is almost close to SNI-01-2323-2008, namely 7.5%. The result shows the highest thermal efficiency of the tool with a value of 73.35% at temperature 70 °C

Keywords: Tray Dryer, Drying, Cocoa Beans, Solar Cell.**ABSTRAK**

Pengeringan biji kakao yang dilakukan masyarakat saat ini masih secara manual (konvensional), yaitu dengan memanfaatkan energi cahaya matahari (dijemur), sehingga memakan waktu yang cukup lama. Tujuan penelitian ini adalah mempercepat proses pengeringan pada biji kakao dengan menggunakan alat pengering tipe tray dryer. Pengering tipe tray dryer yang dirancang memanfaatkan tenaga dari solar cell sebagai media pengeringan. Pada penelitian ini, alat tray dryer dirancang memiliki kapasitas 1 kg dengan 4 tray yang berbahan aluminium, alat ini juga dilengkapi dengan solar cell berkapasitas 50 watt-peak. Parameter yang diukur pada penelitian ini di antaranya, massa biji kakao sebelum pengeringan, massa biji kakao sesudah pengeringan, temperatur masuk biji kakao, temperatur keluar biji kakao, temperatur masuk udara, temperatur keluar udara, laju udara masuk, laju udara keluar, perpindahan panas konveksi, konduksi, radiasi, humidity, dan relatif humidity dengan variasi temperatur pengeringan 60°C dan 70°C, serta variasi waktu pengeringan 15 menit sampai 180 menit. Menentukan efisiensi alat tray dryer dari perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja dari alat tray dryer cukup optimal untuk mengeringkan biji kakao karena mampu menguapkan kadar air pada biji kakao dengan nilai akhir 11,88% pada temperatur 70°C selama 180 menit. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwasannya kualitas biji kakao sudah hampir mendekati ketentuan SNI-01-2323-2008 yaitu 7,5%. Hasil penelitian juga menunjukkan efisiensi thermal alat tertinggi dengan nilai 73,35% pada temperatur 70°C.

Kata Kunci: Alat Tray Dryer, Pengeringan, Biji Kakao, Solar Cell.

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan tanaman anggota famili Sterculiaceae, yaitu tanaman yang berbunga dan berbuah sepanjang tahun. Tanaman kakao menghasilkan biji kakao sebagai bahan baku utama yang dapat diolah menjadi coklat. Kakao Indonesia dapat menyumbang devisa negara sebesar US\$ 668 juta setiap tahunnya, atau nomor ketiga dari sektor pertanian setelah kelapa sawit dan karet (Sugiharti, 2008). Hal ini dikarenakan kakao Indonesia juga memiliki keunggulan, seperti titik leleh yang tinggi, keberadaan (lemak) mentega kakao, serta kemampuan menghasilkan bubuk kakao yang bermutu tinggi (Hatmi dan Rustijarno, 2012).

Suhu pengeringan yang ideal untuk produk pertanian seperti biji kakao adalah sekitar 60°C-70°C. Metode pengeringan produk pertanian yang umum adalah dengan menjemurnya langsung di bawah sinar matahari pada suhu 30°C-45°C. Selanjutnya, jika dengan memanfaatkan panas matahari pada suhu sekitar, maka akan membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama (Riswandi, 2020). Untuk menurunkan kadar air pada biji kakao yang dipanen, biji kakao didiamkan (fermentasi) selama 4-7 hari, sehingga memberikan peluang yang sangat besar untuk terjadinya pembusukan yang cepat karena adanya pertumbuhan mikroorganisme. Dengan demikian, ketika menjemur biji kakao, maka kadar air pada biji kakao dapat berkurang tanpa membahayakan biji kakao. Menurut Standar SNI-01-2323-2008, kadar air yang diharapkan setelah proses pengeringan maksimal adalah 7,5%. Dengan kondisi tersebut, maka akan mencegah pertumbuhan

mikroorganisme pembusuk dan memperpanjang masa simpan biji kakao.

Proses pengeringan kakao merupakan kelanjutan dari fase oksidatif pematangan yang berperan penting dalam mengurangi khelasi dan kekasaran. Selain itu, sistem pengeringan ini juga bertujuan untuk menghasilkan biji kakao kering yang berkualitas, terutama dari segi fisik, cita rasa, dan aroma. Jika pengeringan terlalu lambat, hal ini dapat berdampak buruk karena dapat meningkatkan keberadaan jamur (parasit) yang berkembang dan masuk ke dalam bahan. Sementara itu, pengeringan yang terlalu cepat juga dapat mengganggu kesempurnaan reaksi oksidatif dan mengakibatkan keasaman yang berlebihan. Meningkatkan suhu pengeringan akan menyebabkan kelat dan *asamity* sehingga suhu pengeringan tidak boleh lebih dari 70°C (Winarno, 1992).

Sebagian dari permasalahan ini tentunya memerlukan penyelesaian yang lebih canggih, khususnya dengan membutuhkan alat pengering biji kakao yang lebih cepat untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan kualitas biji kakao. *Tray dryer* merupakan salah satu alat yang dapat digunakan. Pengering tipe *tray dryer* dapat menghasilkan pengeringan yang jauh lebih cepat pada padatan seperti *slurry* dan padatan yang berbentuk granular dimana bahan tersebut disebarkan secara merata pada rak-rak pengering (Geankoplis, 1993).

Didasari kajian tersebut, maka akan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengeringan biji kakao dengan menggunakan alat pengering tipe *tray dryer*. Pada tugas akhir ini juga difokuskan untuk menguji kinerja alat pengering tipe *tray dryer* yang ditinjau dari laju pengeringan

terhadap massa, waktu, dan temperatur. Alat pengering tipe *tray dryer* akan menggunakan energi panas yang dihasilkan dari *heater*, dimana udara panas akan dihembuskan secara paksa menggunakan *fan*. Alat pengering tipe *tray dryer* memiliki sumber tenaga pengoperasian memanfaatkan tenaga *solar cell*. Sehingga alat pengering tipe *tray dryer* yang dirancang memiliki sistem kombinasi dengan dua tenaga penyuplai prosesnya. Dengan proses perpindahan panas yang baik akan menghasilkan biji kakao kering dengan kualitas yang baik.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hasil kadar air biji kakao yang telah dikeringkan menggunakan alat *tray dryer* sistem *solar cell* sesuai dengan Standar SNI-01-2323-2008. Menentukan kinerja alat *tray dryer* sistem *solar cell* untuk proses pengeringan biji kakao yang ditinjau dari perpindahan kalor konveksi, konduksi, dan radiasi. Menentukan efisiensi thermal alat *tray dryer* sistem *solar cell*.

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode percobaan pengeringan. Metode percobaan pengeringan ini

dilakukan untuk pengujian alat *tray dryer* sistem *solar cell*, guna mengetahui kinerja alat dalam mengolah biji kakao menjadi kering, yang ditinjau dari kadar air, perpindahan panas konveksi, konduksi, radiasi, laju pengeringan, massa, waktu, dan temperatur pada alat *tray dryer* sistem *solar cell*.

Prosedur pengeringan biji kakao adalah sebagai berikut: buah kakao dibuka untuk mengambil biji kakao, menimbang biji kakao sebanyak 100 gram, lalu dilanjutkan dengan pemberian ragi sebanyak 2 gram, kemudian difermentasi selama 1-2 minggu, lalu biji kakao dicuci bersih. Setelah itu dilakukan proses pengeringan menggunakan alat *tray dryer*, dengan biji kakao disusun tiap *tray* (4 tingkat), pada variabel suhu 60°C dan 70°C selama waktu 180 menit.

Parameter yang diamati selama pengeringan, meliputi pengukuran laju alir udara, temperatur bola kering, temperatur bola basah, massa biji kakao (penimbangan setiap 15 menit), temperatur bahan masuk, temperatur bahan keluar, temperatur *tray*, dan temperatur panel surya.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja alat terhadap kadar air biji kakao, panas konveksi, panas konduksi, panas radiasi, dan efisiensi thermal alat.

Rumus Perhitungan

Penurunan kadar air biji kakao dapat dihitung sebagai berikut;

$$\%kadar\ air = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (1)$$

dimana W_1 adalah berat sampel basah dan cawan petri, W_2 adalah berat sampel kering dan cawan petri, W_0 adalah berat cawan petri

kosong. Laju perpindahan panas konveksi dapat dihitung sebagai berikut (Geankoplis, 1993):

$$q_c = h_c(T - T_s)A \quad (2)$$

dimana q_c adalah laju perpindahan panas konveksi (kJ), h_c adalah koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$), T adalah temperatur dinding ($^{\circ}C$), T_s adalah

temperatur pelat ($^{\circ}C$), dan A adalah luas lubang pada tray (m^2). Laju perpindahan panas konduksi dihitung sebagai berikut (Geankoplis, 1993):

$$q_k = U_k(T - T_s)A \quad (3)$$

dimana q_k adalah laju perpindahan panas konduksi (kJ), U_k adalah koefisien perpindahan panas konduksi ($W/m^2.K$), T adalah temperatur udara ($^{\circ}C$), T_s

adalah temperatur pelat ($^{\circ}C$), dan A adalah luas tray (m^2). Laju perpindahan panas radiasi dihitung sebagai berikut (Geankoplis, 1993):

$$q_R = h_R(T_R - T_s)A \quad (4)$$

dimana q_R adalah laju perpindahan panas radiasi (kJ), h_R adalah koefisien perpindahan panas radiasi ($W/m^2.K$), T_R adalah temperatur panel surya ($^{\circ}C$), T_s

adalah temperatur pelat ($^{\circ}C$), dan A adalah luas dinding tray (m^2). Efisiensi Thermal dapat dihitung sebagai berikut (Himmelblau, 2004):

$$\eta = \frac{Q_{output} - Heatloss}{Q_{input}} \times 100\% \quad (5)$$

dimana η adalah efisiensi thermal pada alat (%), Q_{output} adalah total panas keluar (kJ), Q_{input} adalah

total panas masuk (kJ), $Heatloss$ adalah kehilangan panas (kJ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

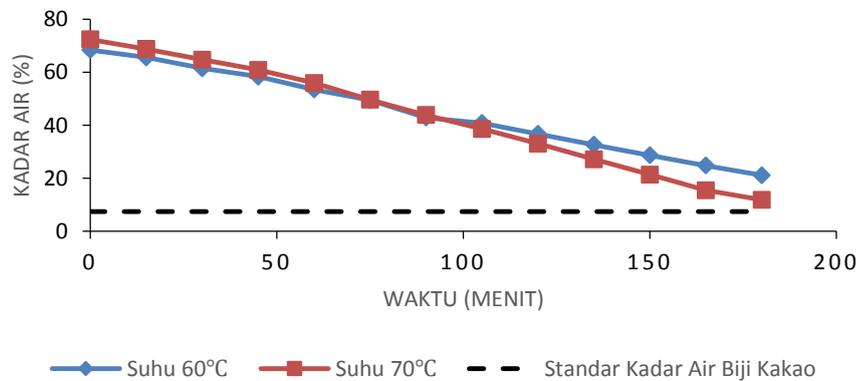
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil penelitian yaitu, pengaruh waktu pengeringan terhadap panas konveksi, pengaruh waktu pengeringan terhadap panas konduksi, pengaruh waktu pengeringan dengan efisiensi thermal, dan dan bagaimana kualitas biji kakao hasil pengeringan dengan

menggunakan *tray dryer* sistem *solar cell*, serta bagaimana kinerja alat *tray dryer* sistem *solar cell*.

- A. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Penurunan Kadar Air Biji Kakao
Kadar air merupakan salah satu sifat kimia yang menunjukkan kandungan air

yang terkandung dalam bahan pangan, kadar air merupakan parameter bahan pangan yang

sangat mempengaruhi daya simpan (Ikhsan, 2018).



Gambar 1. Hubungan antara Waktu Pengeringan dan Penurunan Kadar Air

Gambar 1. Menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan yang diberikan maka semakin besar pula penurunan kadar air yang terjadi pada biji kakao. Dikarenakan waktu pengeringan yang lama akan mengakibatkan kontak antara biji kakao dengan udara panas semakin lama sehingga kadar air yang menguap akan semakin besar (Mc.Cabe, 1993). Pada grafik dapat dilihat bahwa penurunan kadar air pada masing-masing temperatur *setpoint* berbeda.

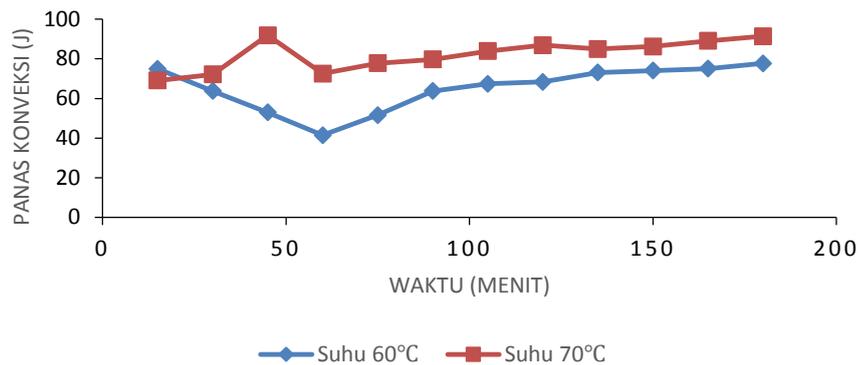
Pada pengeringan temperatur *setpoint* 60°C kadar air awal yaitu sebesar 68,45% dapat menurunkan kadar air menjadi sebesar 21,16% selama 180 menit dan pada pengeringan temperatur *setpoint* 70°C kadar air awal yaitu sebesar 72,41% dapat menurunkan kadar air menjadi sebesar 11,88% selama 180 menit.

Hasil pengeringan menggunakan alat *tray dryer* sistem *solar cell* dengan *setpoint* 60°C dan 70°C terbilang masih belum mencapai kadar air SNI-01-2323-2008 karena masih berada diatas 7,5%.

Berdasarkan data pengamatan yang ada, pengeringan menggunakan alat *tray dryer* sistem *solar cell* selama 180 menit masih belum cukup, sehingga masih membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama. Akan tetapi, pengeringan dengan temperatur *setpoint* 70°C cukup optimal untuk mampu menurunkan kadar air yang semula 72,41% menjadi 11,88% dengan waktu yang singkat.

B. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan kalor (panas) melalui zat perantara yang disertai dengan perpindahan zat perantara. Perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh temperatur udara dan temperatur plat pengering. Perpindahan panas konveksi pada penelitian ini terjadi di dalam *drying chamber*, dimana *tray* dan laju alir udara kering bersentuhan dengan bahan.



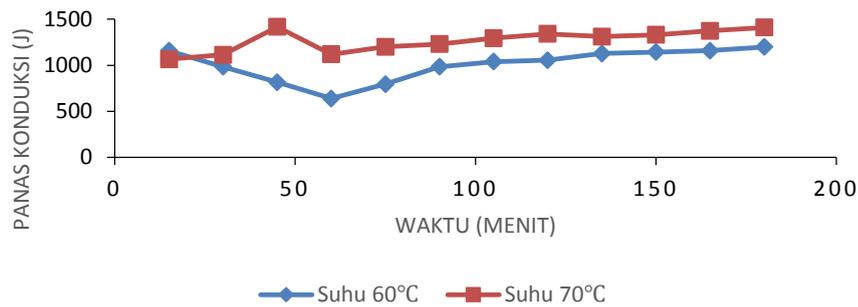
Gambar 2. Hubungan antara Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Konveksi

Gambar 2. Menunjukkan pengaruh waktu terhadap laju perpindahan kalor (panas) konveksi. Perpindahan kalor (panas) konveksi selama sistem pengeringan mengalami penurunan dan peningkatan yang relatif berdekatan. Pada suhu pengeringan *setpoint* 60°C, perpindahan kalor (panas) konveksi paling minimal terjadi pada lama pengeringan 60 menit, dengan nilai sebesar 41,4 J dan perpindahan kalor (panas) konveksi paling tinggi terjadi pada lama pengeringan 180 menit dengan nilai sebesar 77,7 J. Untuk suhu pengeringan *setpoint* 70°C, perpindahan kalor (panas) konveksi paling minimal didapatkan pada lama pengeringan 15 menit dengan nilai sebesar 69,1 J dan perpindahan kalor (panas) konveksi paling tinggi didapatkan pada lama pengeringan 45 menit dengan nilai sebesar 91,9 J. (Hatta, 2019), menyatakan bahwa perpindahan kalor (panas) konveksi akan meningkat

seiring dengan kenaikan suhu laju udara pengering dan suhu pelat pengering pada pengering pelat. (Holman, 1995), mengemukakan bahwa pada saat pengeringan, nilai laju perpindahan panas akan bertambah besar sehingga dapat terjadi kenaikan suhu perpindahan panas konveksi karena adanya kenaikan nilai koefisien perpindahan panas konveksi.

C. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah proses perpindahan kalor (panas) dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu lebih rendah dengan menggunakan media penghantar kalor (panas) tetap. Perpindahan panas konduksi dipengaruhi oleh ketebalan bahan yang akan dikeringkan dan ketebalan dari plat. Perpindahan panas konduksi pada penelitian ini terjadi di dalam *drying chamber*, dimana panas yang dihasilkan oleh dinding *tray* bersentuhan dengan bahan.



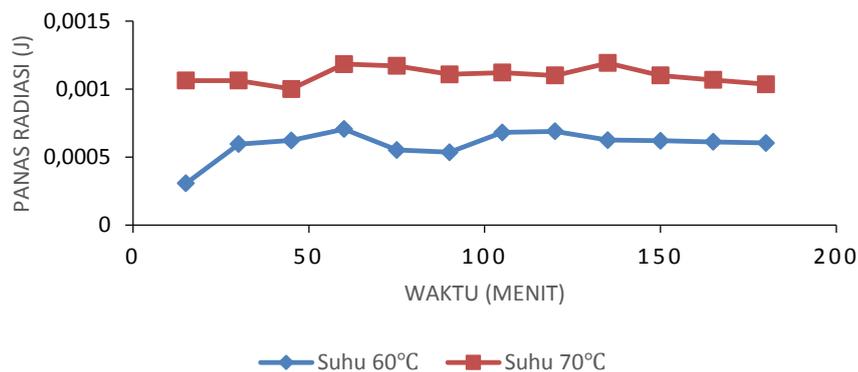
Gambar 3. Hubungan antara Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Konduksi

Gambar 3. menunjukkan bagaimana waktu mempengaruhi seberapa cepat kalor (panas) dipindahkan melalui panas konduksi. Perpindahan kalor (panas) secara konduksi selama sistem pengeringan terus mengalami penurunan dan kenaikan yang relatif berdekatan. Kalor (panas) konduksi pada sistem pengeringan ini terjadi ketika kalor (panas) dari dinding pelat menyebar ke biji kakao yang sedang dikeringkan. Perpindahan kalor (panas) terjadi pada lapisan luar bahan secara bertahap, hingga kalor (panas) dipindahkan secara merata. Laju perpindahan kalor (panas) secara konduksi dipengaruhi oleh suhu udara, suhu pelat pengering, ketebalan bahan, dan ketebalan pelat (Hatta, 2019). Perpindahan kalor (panas) konduksi terendah dengan nilai 639,6 J terjadi pada waktu pengeringan 60 menit pada *setpoint* suhu 60°C, sedangkan perpindahan kalor (panas) konduksi tertinggi terjadi pada waktu pengeringan 180 menit dengan nilai 1.199,2 J pada *setpoint* suhu pengeringan

70°C, perpindahan kalor (panas) konduksi paling rendah terjadi pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 1.066,3 J dan perpindahan kalor (panas) konduksi tertinggi terjadi pada waktu pengeringan 45 menit dengan nilai 1.417,8 J.

D. Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik tanpa melibatkan partikel atau zat perantara. Perpindahan panas radiasi dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari yang semakin tinggi akan berpengaruh pada laju perpindahan panas radiasi yang dihasilkan (Hatta, 2019). Perpindahan panas radiasi pada penelitian ini terjadi pada *solar cell* yang menyerap energi cahaya matahari menjadi energi listrik dan disimpan pada baterai yang kemudian menjadi sumber daya untuk alat *tray dryer*. Penelitian ini dilakukan di pagi hari menjelang siang hari dan dalam kondisi cuaca yang cerah.



Gambar 4. Hubungan antara Waktu Pengeringan terhadap Perpindahan Panas Radiasi

Gambar 4. menunjukkan bagaimana laju perpindahan panas (kalor) radiasi dipengaruhi oleh waktu. Pergerakan intensitas cahaya selama sistem pengeringan dipengaruhi oleh kekuatan cahaya matahari, oleh karena itu jika kekuatan cahaya matahari lebih besar, maka akan berbanding lurus dengan laju perpindahan intensitas cahaya.

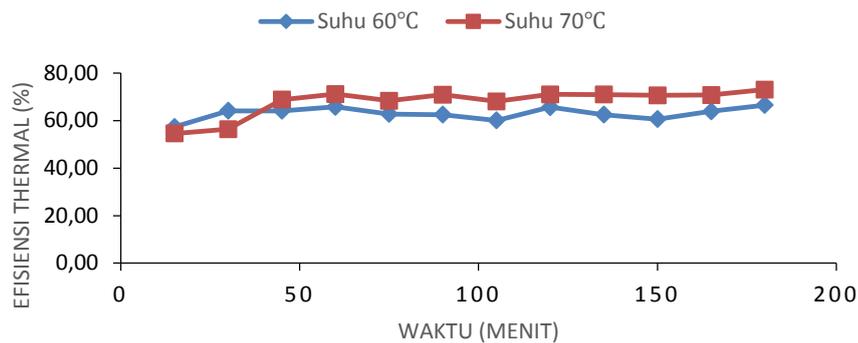
Pada suhu pengeringan *setpoint* 60°C, perpindahan panas (kalor) radiasi paling rendah terdapat pada waktu pengeringan 15 menit dengan nilai 0,0003 J dan perpindahan panas (kalor) radiasi paling tinggi terdapat pada waktu pengeringan 60 menit dengan nilai 0,0007 J. Kemudian, pada suhu pengeringan *setpoint* 70°C, perpindahan panas (kalor) radiasi paling rendah terdapat pada waktu pengeringan 45 menit dengan nilai 0,001002 J dan

perpindahan panas (kalor) radiasi paling tinggi terdapat pada waktu pengeringan 60 menit dan 135 menit dengan nilai 0,00199 J.

Pada Gambar 4. temperatur pengeringan *setpoint* 60°C memiliki perpindahan panas radiasi di bawah temperatur pengeringan *setpoint* 70°C. Hal ini dikarenakan faktor dari intensitas cahaya matahari yang diserap oleh *solar cell*.

E. Pengaruh Waktu Pengeringan dan Suhu terhadap Efisiensi Thermal Alat

Efisiensi thermal dipengaruhi oleh panas yang masuk dan keluar pada alat, dan heatloss atau kehilangan panas yang terjadi selama proses pengeringan. Efisiensi thermal dihitung dengan membandingkan panas yang digunakan untuk memanaskan bahan dan menguapkan air terhadap panas yang masuk dari udara pengering.



Gambar 5. Hubungan antara Waktu Pengeringan dan Efisiensi Thermal Tray Dryer

Gambar 5. menunjukkan pengaruh waktu pengeringan dan efisiensi thermal alat. Efisiensi thermal tertinggi pada temperatur pengeringan *setpoint* 60°C terdapat pada waktu 180 menit dengan nilai 66,50% dan efisiensi thermal terendah terdapat pada waktu 15 menit dengan nilai 57,34%. Kemudian untuk efisiensi thermal tertinggi pada temperatur pengeringan *setpoint* 70°C, terdapat pada

waktu 180 menit dengan nilai 73,05% dan efisiensi thermal terendah terdapat pada waktu 15 menit dengan nilai 54,56%. Pada Gambar 5. Efisiensi Thermal mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup stabil seiring lamanya proses pengeringan. Pada temperatur *setpoint* 60°C memiliki efisiensi thermal yang lebih rendah daripada temperatur *setpoint* 70°C.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengeringan biji kakao menggunakan alat *tray dryer* sistem *solar cell* dengan melakukan pembahasan mengenai pengaruh waktu pengeringan terhadap kadar air, perpindahan panas konveksi, perpindahan panas konduksi, perpindahan panas radiasi, dan efisiensi thermal alat. Dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar air biji kakao hasil penelitian pada temperatur pengeringan 70 °C dengan nilai 11,88%, menunjukkan hampir mendekati Standar Nasional Indonesia (Standar SNI-01-2323-

2008) yaitu 7,5%. hasil ini cukup sesuai dalam mencapai kondisi optimumnya.

2. Didapatkan perpindahan panas secara konveksi tertinggi dengan nilai 77,7 J pada temperatur *setpoint* 60°C dan nilai 91,9 J pada temperatur *setpoint* 70°C. Didapatkan perpindahan panas secara konduksi tertinggi dengan nilai 1.199,2 J pada temperatur *setpoint* 60°C dan nilai 1.417,8 J pada temperatur *setpoint* 70°C. Didapatkan perpindahan panas secara radiasi tertinggi dengan nilai 0,0007 J pada temperatur *setpoint* 60°C dan nilai 0,00199 J pada temperatur *setpoint* 70°C.
3. Efisiensi thermal alat tertinggi

Yoga Kurniawan et.al.,/ Kinerja Alat Tipe Tray Dryer Dengan Memanfaatkan Sistem Solar Cell Untuk Pengeringan Biji Kakao

dengan nilai 66,50% pada temperatur *setpoint* 60°C dan nilai 73,05% pada temperatur *setpoint* 70°C.

Menanam Kakao. Binamuda Ciptakreasi. Vol. 2, No. 6 (2008) 76-100. Yogyakarta.

Winarno, F.G. (1992). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Vol. 1, No. 1, 245-253. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2008). *Standarisasi Biji Kakao*. Standar Nasional Indonesia. Jakarta.

Geankoplis, Christie J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Hatta, M., Syuhada, A., & Fuadi, Z. (2019). Sistem Pengeringan Ikan dengan Metode Hybrid. *Jurnal POLIMESIN*, 17(1), 9-18.

Hatmi, R.U., & Rustijarno, S. (2012). *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju SNI Biji Kakao 01-2323-2008*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sleman. Vol. 5 No. 2 (2012) 5-25. Yogyakarta.

Himmelblau, D., & Bischoff, D.M. (2004). *Analisis Proses dan Simulasi*. Barcelona: Reverte SA.

Holman, J. (1995). *Heat Transfer*. (I. The McGraw-Hill Companies, ed.). New York.

Ikhsan, M., Muhsin, M., & Patang, P. (2018). Pengaruh Variasi Suhu Pengering terhadap Mutu Dendeng Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2(Vol. 2), 114-122.

McCabe, W., Smith, J.C., & Harriot, P. (1993). *Unit Operation of Chemical Engineering* (5th ed.). United States of America: McGraw Hill Book,Co.

Riswandi, Makhsud, A., & Mahmuddin. (2020). *Unjuk Kerja Pengeringan Kakao Tipe Tray Dryer Dengan Mengalirkan Udara Panas Secara Zik-Zak*. Universitas Muslim Indonesia. Vol. 2, No. 7, 2020: 3-12. Makassar.

Sugiharti, E. (2008). *Petunjuk Praktis*