

## **RANCANG BANGUN TRAY DRYER SISTEM HYBRID (SURYA-HEATER) UNTUK PENGERINGAN IKAN ASIN**

### **DESIGN OF TRAY DRYER HYBRID SYSTEM (SOLAR-HEATER) FOR DRYING SALTED FISH**

Selastia Yuliati<sup>1</sup>, Leila Kalsum<sup>1</sup>, Robert Junaidi<sup>1</sup>, Fadarina<sup>1</sup>, Roro Rizqi Ramadhani Azizah\*<sup>1</sup>, Winda Andea Utami<sup>1</sup>, Galuh Martiyah Ningrum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Teknologi Kimia Industri/Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)  
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, Telp. (0711)353414,116/ Fax (0711)355918

\*e-mail : [arazizah14@gmail.com](mailto:arazizah14@gmail.com)

#### **ABSTRACT**

*Drying process on salted fish is one of the factors that determine the quality of the products produced. Conventional drying has many weaknesses, namely fluctuating heat, poor hygiene and requires a large enough space and can affect product quality. One of alternatives in drying salted fish is using a hybrid system tray dryer with a solar energy source with additional electrical energy (heater). This study aimed to design a tray dryer with hybrid system (solar-heater), obtained the performance of the dryer based on drying rate, heat transfer and heat efficiency of the hybrid system tray dryer (solar-heater), and obtained salted fish that met the water content standards based on SNI No. 01-2721- 2009. The treatments varied were drying time of 60 minutes, 120 minutes, 180 minutes, 240 minutes and 300 minutes and the variations of drying temperature of 60°C, 70°C and 80°C. The results showed that the optimum drying conditions were drying using temperature of 70°C with a drying time of 300 minutes, a moisture content of 31.2%, a drying rate of 0.1492 kg/hour m<sup>2</sup>, a conduction heat transfer rate is 52.01 J, a convection heat transfer rate is 71.15 J, a radiation heat transfer rate is 0.048 J and heat efficiency of 53.28%.*

*Keywords: Tray Dryer, Solar Collector, Heater, Drying, Salted Fish*

#### **1. PENDAHULUAN**

Pengering merupakan suatu cara yang digunakan dalam teknologi pangan untuk memperpanjang masa simpan produk dengan cara menguapkan sebagian besar kadar air bahan hingga mencapai kadar air tertentu dengan menggunakan energi panas sehingga menghambat laju kerusakan bahan akibat aktifitas biologis dan kimia (Hatta dkk, 2019).

Teknologi pangan yang terus berkembang yaitu teknologi pengeringan hasil perikanan sebab ikan mudah mengalami pembusukan dan kemunduran mutu (Sirait, 2019). Hampir 65% produk perikanan diawetkan dengan cara penggaraman (Sirait, 2019). Ikan asin merupakan ikan yang diolah secara tradisional dengan membersihkan ikan lalu menambahkan garam dengan kadar yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia yaitu sekitar 20%-30% dari berat total ikan dengan kadar air ikan setelah dikeringkan maksimal 40% (Hatta dkk, 2019). Metode pengeringan yang sering digunakan untuk mengeringkan ikan dengan melakukan pengeringan secara alami yang memanfaatkan sinar matahari secara langsung sehingga banyak sekali kekurangan yaitu produk yang dihasilkan tidak higienis, memerlukan tempat yang cukup luas, bergantung

pada cuaca sehingga waktu pengeringan tidak dapat ditentukan dengan tepat (Rahbini dkk, 2017; Setyoko dkk, 2012). Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan alat pengering energi surya yang memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui (Setyoko dkk, 2012). Alat *tray dryer* sistem *hybrid* merupakan salah satu alternatif dalam pengeringan ikan asin untuk meningkatkan kualitas ikan asin dan menjaga ke higienisan ikan asin dengan waktu pengeringan yang relatif singkat (Hatta dkk, 2019). Menurut penelitian terdahulu tentang penelitian rancang bangun pengembangan alat pengering dengan sistem *hybrid* energi surya dan biomasa arang kayu untuk mengeringkan sawut ubi kayu terfermentasi hingga mengurangi kadar airnya sebesar 14% dengan waktu pengering 12 jam dan rata-rata suhu pengeringan 41°C serta kapasitas ruang pengering 20 kg (Abadi dkk, 2018), pengembangan ini memiliki kelemahan yaitu menghasilkan asap pembakaran yang banyak, kecepatan udara pengering dan temperatur yang tidak dapat dikontrol dan memerlukan waktu pengeringan yang lama (Abadi dkk, 2018; Firdaus, 2016). Penelitian pengembangan alat lainnya yaitu perancangan alat pengering ikan sistem *hybrid* dan LPG tipe rak menghasilkan suhu

ruang pengering rata-rata 67°C dengan intensitas cahaya tertinggi 908 W/m<sup>2</sup> mampu menurunkan kadar air menjadi 38% setelah dikeringkan selama 6 jam dengan kapasitas 20 kg (Rahbini dkk, 2016), pada pengembangan ini memiliki masalah yaitu apabila terjadi kebocoran gas akan merusak kualitas ikan serta kebocoran gas juga akan dikhawatirkan menyebabkan ledakan pada alat dan temperatur pengeringan yang sulit dikontrol karena api

gas harus tetap menyala walaupun sudah mencapai temperatur maksimal (Rahbini dkk, 2016).

Kondisi tersebut menimbulkan gagasan untuk melakukan racang bangun pengembangan alat pengering tipe *tray* yang menggunakan energi surya yang dibantu dengan kolektor dan sumber energi tambahan lain yaitu listrik (*heater*) diharapkan mampu mempercepat proses pengeringan serta tidak bergantung pada kondisi cuaca. Pada pengembangan alat ini tidak akan mengganggu kualitas ikan karena tidak menghasilkan asap pada saat proses pengeringan dan akan mempercepat waktu pengeringan karena temperatur pengering dan kecepatan udara pengering yang dapat dikontrol. Alat pengering tipe *tray* pada penelitian ini mampu mengurangi kadar air dibawah 40% sehingga produk ikan asin yang dihasilkan memenuhi standar SNI No. 01-2721- 2009 yaitu maksimal 40% dengan proses pengeringan kurang dari 8 jam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang ditinjau adalah bagaimana kinerja dari alat *tray dryer* sistem *hybrid* (surya-*heater*) terhadap perpindahan panas, efisiensi termal, dan laju pengeringan pada pengeringan ikan asin. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan alat pengering *tray dryer* sistem *hybrid* (surya-*heater*) untuk mengeringkan ikan asin, menentukan kinerja *tray dryer* sistem *hybrid* berdasarkan laju pengeringan perpindahan panas dan efisiensi termal, serta menghasilkan ikan asin yang sesuai standar SNI 01-2721-2009.

### Kadar Air

Kadar air dari bahan menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan berat bahan (Setyoko dkk, 2012).

$$X_t = \frac{W - W_s}{W_s} \quad (\text{Setyoko dkk, 2012})$$

Dimana:

$X_t$  = *Moisture content* (kg H<sub>2</sub>O/kg)

$W$  = Berat padatan basah (kg)

$W_s$  = Berat padatan kering (kg)

### Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan besarnya jumlah air yang diuapkan persatuan waktu atau perubahan kadar air bahan dalam satu satuan waktu. Laju pengeringan yang tinggi didapatkan dari besarnya suhu dan kelembaban relatif tertentu dengan kecepatan aliran udara pada permukaan bahan yang cukup sehingga proses perpindahan panas dari udara ke bahan berlangsung baik (Hanafi dkk, 2017).

Persamaan laju pengering untuk laju perpindahan kombinasi antara konduksi, konveksi dan radiasi:

$$R_c = \frac{q}{A \cdot \lambda_s} = \frac{qc + qk + qr}{A \cdot \lambda_s} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

### Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah suatu proses perpindahan panas yang mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Geankoplis, 2003).

Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konduksi adalah hukum fourier. Hukum fourier dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$q_k = U_k(T - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

$q_k$  = laju perpindahan panas konduksi, Watt (Btu/h)

$A$  = luas dinding (luas perpindahan panas). m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>)

$T$  = Temperatur udara °C (°F)

$T_s$  = Temperatur pelat °C (°F)

$$U_k = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{z_m}{k_m} + \frac{z_s}{k_s}} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

$h_c$  = koefisien perpindahan panas

$z_m$  = ketebalan pelat

$k_m$  = konduktivitas termal pelat

$z_s$  = ketebalan bahan

$k_s$  = konduktivitas termal bahan

### Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi terjadi melalui dua cara yaitu konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*) yaitu perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya dan konveksi paksaan (*forced convection*) yaitu perpindahan panas yang aliran panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar. Persamaan dasar dari konsep perpindahan panas konveksi adalah hukum Newton:

$$q_c = h_c(T_w - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

$q_c$  = Laju perpindahan panas konveksi, Watt (Btu/h)

$h_c$  = Koefisien perpindahan panas konveksi

$T_w$  = Temperatur udara °C (°F)

$T_s$  = Temperatur pelat °C (°F)

$A$  = Luas permukaan, m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>)

### Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut.

Hukum Stefan-Boltzman dinyatakan dengan:

$$q_R = h_R(T_R - T_s)A \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

$$h_R = \sigma \varepsilon \frac{\left(\frac{T_R}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_s}{100}\right)^4}{T_R - T_s} \quad (\text{Geankoplis, 2003})$$

Dimana:

$q_r$  = Laju perpindahan panas radiasi, Watt (Btu/h)

$\varepsilon$  = Emisivitas

$T_s$  = Temperatur Pelat °C (°F)

$T_R$  = Temperatur Radiasi °C (°F)

$A$  = Luas permukaan, m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzman,  $5,669 \times 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>.K ( $0,1713 \times 10^{-8}$  Btu/h.ft<sup>2</sup>.°R<sup>4</sup>)

### Efisiensi termal

Efisiensi termal merupakan nilai yang menyatakan tingkat penggunaan panas yang memanfaatkan atau dipakai dalam proses pengeringan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi antara lain jumlah gas panas masuk, suhu gas panas, banyaknya panas yang hilang (*heat loss*) (Zikri dkk, 2015).

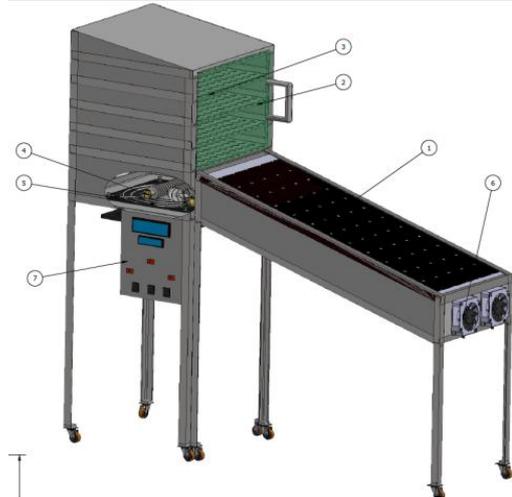
$$\eta = \frac{Q_{\text{output}} - \text{heat loss}}{Q_{\text{input}}} \times 100\% \quad (\text{Himmelblau, 2004})$$

### Ikan Sepat Asin

Ikan asin adalah hasil proses penambahan garam serta pengeringan dengan mengurangi kadar air dari bahan yang bertujuan untuk memperpanjang daya tahan dan daya simpan produk (Sirait, 2019; Adawyah, 2007). Ada dua cara pengawetan ikan yaitu secara tradisional dan secara modern. Pengawetan ikan secara tradisional yaitu pengeringan, penggaraman, pengasapan, pendinginan, serta pengeringan secara modern yaitu dengan cara pengalengan dan pembekuan (Antoni, 2011).

## 2. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah pengering *tray* sistem *hybrid*, *stopwatch*, *termometer*, neraca digital, *thermocontrol*, *lux meter*, *anemometer*, wadah. Bahan yang digunakan adalah cabai merah. Gambar 1 menunjukkan desain alat *tray dryer* sistem *hybrid*.



Gambar 1. Desain *Tray Dryer* Sistem *Hybrid*

Spesifikasi alat *tray dryer* sistem *hybrid* yang digunakan adalah:

1. Kolektor Surya
  - Bentuk = persegi panjang
  - Panjang = 101 cm
  - Lebar = 44,5 cm
  - Tinggi = 17 cm
  - Bahan = plat aluminium
  - Sudut Kemiringan = 15°C
2. Ruang Pengering
  - Bentuk = kubus
  - Bahan = plat aluminium
  - Jumlah = 4 buah
  - Jarak Antar Tray = 8 cm
  - Panjang = 50 cm = 0,5 m
  - Lebar = 50 cm = 0,5 m
  - Tinggi = 50 cm = 0,5 m
3. Rak Pengering
  - Bahan = plat aluminium
  - Jumlah = 4 buah
4. *Heater*
  - Tipe = Finned Heater
  - Jenis = Udara Kering
  - Temperatur (maks) = 400°C
5. *Blower AC*
  - Daya = 75 Watt
  - Tegangan = 220 Volt
6. *Blower DC*
  - Daya = 75 Watt
  - Tegangan = 220 Volt
7. *Control Panel*
8. Cerobong

Untuk pengujian kinerja alat *tray dryer* sistem *hybrid*, parameter yang diamati meliputi waktu, temperatur dan laju alir udara masuk dan laju alir udara keluar. Sementara untuk proses pengeringan digunakan variable sebagai berikut:

- a. Variabel Tetap

- Jenis ikan dan ukuran sampel
- Kecepatan udara yaitu 5 m/s
- b. Variabel Tidak Tetap (Berubah)
  - Waktu pengeringan yaitu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit.
  - Temperatur *set point* yaitu 60°C, 70°C dan 80°C

### Prosedur Penelitian

#### a. Pengujian Alat *Tray Dryer* Sistem *Hybrid*

Ikan sepat disiapkan sebanyak 2 kg serta menyiapkan peralatan penunjang seperti *anemometer*, *lux meter* dan *thermometer*. Kabel utama dicolokkan ke stop kontak. Alat dihidupkan dengan menekan tombol *Main Power*. Elemen pemanas dan *blower* dihidupkan dengan menekan tombol ON. Set point temperatur dengan cara tombol *SET* pada *THERMOSTAT* ditahan hingga angka berkedip dan tombol panah  $\wedge$   $\vee$  untuk diatur set point 60°C. Ikan sepat disusun diatas *tray*. Temperatur, intensitas cahaya matahari, laju udara, berat ikan setelah pengeringan dicatat hingga 300 menit dengan rentang pengambilan data setiap 60 menit. Setelah didapat semua data, alat dimatikan dengan cara menekan tombol OFF dan mencabut kabel utama dari stop kontak.

#### b. Analisis Kadar Air

Analisis kadar air menggunakan metode oven (SNI No 2354.2:2015).

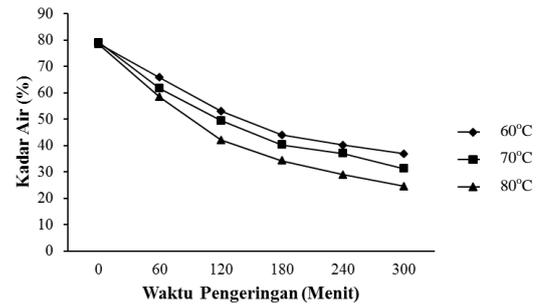
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Rancang Alat *Tray Dryer* Sistem *Hybrid*

Pada penelitian ini, telah dibuat rancang bangun *tray dryer* sistem *hybrid* (surya-heater). *Tray dryer* sistem *hybrid* yang dirancang memiliki kapasitas ruang pengering sebesar 2 kg dengan ukuran ruang pengering yaitu sebesar 50 cm x 50 cm x 50 cm berbahan aluminium dengan jumlah *tray* 4 tingkat dengan jarak 8 cm pada setiap *tray*. Alat ini dilengkapi dengan kolektor surya plat datar yang berukuran 100 cm x 44 cm berbahan aluminium yang dicat berwarna hitam agar dapat menyerap panas matahari secara maksimal. Alasan pemilihan bahan menggunakan aluminium sebab bahan tersebut relatif murah dan memiliki nilai konduktivitas termal yang tinggi yang diharapkan dapat memperbesar nilai perpindahan panas sehingga akan menghasilkan panas yang baik untuk proses pengeringan pengeringan. Alat ini juga dilengkapi dengan elemen pemanas udara tipe *finned heater* dengan daya 124 watt. Pada alat ini memiliki sistem konveksi paksaan (*forced convection*) yaitu untuk meningkatkan laju udara pengering dipasang 2 buah *blower* dengan daya 24 watt yang diletakkan pada sudut kolektor surya dan dibawah ruang pengering yang mampu mengalirkan udara dengan kecepatan udara pengering sebesar 5 m/s.

### 3.2 Kadar Air

Gambar 2 merupakan grafik hubungan antara waktu pengeringan terhadap kadar air ikan asin.

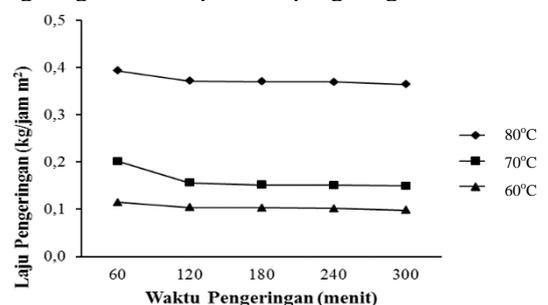


Gambar 2. Hubungan Waktu Pengeringan terhadap Kadar Air Ikan Asin

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengeringan maka penurunan kadar air yang terjadi pada ikan asin akan semakin besar. Hal ini dikarenakan lamanya waktu pengeringan akan mengakibatkan kontak antara ikan asin dengan udara panas semakin lama sehingga kadar air yang menguap akan semakin besar (McCabe dkk, 1993). Pada waktu pengeringan 300 menit dengan temperatur pengeringan 60°C menurunkan kadar air menjadi 36,9% dari kadar air awal 78,4%, temperatur pengeringan 70°C menurunkan kadar air menjadi 31,2% dari kadar air awal 78,9%, dan temperatur pengeringan 80°C menurunkan kadar air menjadi 24,5% dari kadar air awal 78,3%. Kadar air ikan asin dengan menggunakan temperatur pengeringan 60°C, 70°C dan 80°C sudah mencapai kadar air SNI 01-2721-2009 yaitu dibawah 40%. Semakin tinggi suhu dan lamanya waktu pengeringan, memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kecepatan perpindahan air sehingga semakin cepat terjadi penguapan, dan kandungan air di dalam bahan menjadi semakin rendah (Riansyah dkk, 2013). Namun, semakin lama waktu pengeringan bukan berarti pengeringan akan semakin baik karena terdapat waktu pengeringan optimum yaitu lama pengeringan sampai bahan baku mencapai kadar air sesuai Standar Nasional Indonesia.

### 3.3 Laju Pengeringan

Gambar 3 merupakan grafik hubungan laju pengeringan terhadap waktu pengeringan ikan asin.



Gambar 3. Hubungan Laju Pengerian terhadap Waktu Pengerian Ikan Asin

Gambar 3 menunjukkan laju pengeringan yang terjadi selama proses pengeringan cenderung semakin menurun dari menit ke-60 sampai menit ke-300. Laju pengeringan pada waktu pengeringan menit ke-60 dengan suhu 80°C yaitu sebesar 0,3930 kg/jam m<sup>2</sup>, dengan suhu 70°C yaitu sebesar 0,2014 kg/jam m<sup>2</sup>, dan dengan suhu 60°C yaitu sebesar 0,1145 kg/jam m<sup>2</sup>. Laju pengeringan pada waktu pengeringan menit ke-300 dengan suhu 80°C yaitu sebesar 0,3639 kg/jam m<sup>2</sup>, dengan suhu 70°C yaitu sebesar 0,1492 kg/jam m<sup>2</sup>, dan dengan suhu 60°C yaitu sebesar 0,0982 kg/jam m<sup>2</sup>.

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa pada awal pengeringan laju pengeringan menurun dengan cepat kemudian menurun sangat lambat sampai proses pengeringan berakhir, hal ini dikarenakan kandungan air bebas yang terdapat dalam bahan masih tinggi sehingga air lebih mudah menguap selama periode awal pengeringan, dan pada periode akhir pengeringan tinggal tersisa air terikat yang sulit untuk serta saat kadar air bahan mendekati kadar air kesetimbangan, penguapan air bahan semakin dikit dan laju pengeringan semakin melambat (Zamzami, 2017).

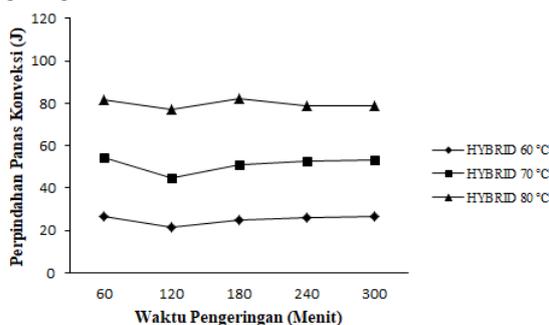
Dapat dilihat bahwa pengeringan dengan suhu 80°C memiliki laju pengeringan yang lebih besar daripada suhu 70°C dan 60°C, hal ini dikarenakan suhu yang digunakan pada pengeringan 80°C lebih tinggi daripada yang lainnya.

### 3.4 Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas yang terjadi merupakan variabel utama untuk menentukan efisiensi dan kinerja alat yang dihasilkan pada proses pengeringan ikan asin sepat dengan menggunakan alat *tray dryer* sistem *hybrid*.

- **Perpindahan Panas Konveksi**

Gambar 4 merupakan grafik hubungan perpindahan panas konveksi terhadap waktu pengeringan ikan asin.



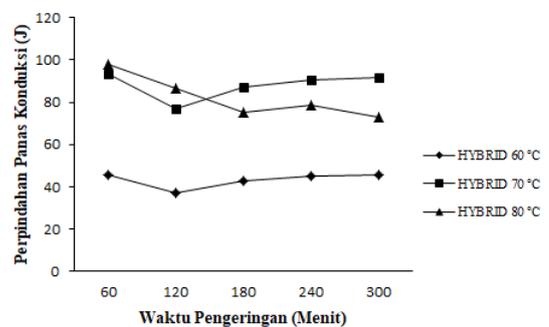
Gambar 4. Hubungan Perpindahan Panas Konveksi terhadap Waktu Pengerian Ikan Asin

Laju perpindahan panas konveksi yang terjadi selama proses pengeringan cenderung mengalami peningkatan dari menit ke-60 sampai menit ke-300. Laju perpindahan panas konveksi pada *hybrid* dengan suhu 60°C rata-rata sebesar 25,06 J, laju perpindahan panas konveksi pada *hybrid* dengan suhu 70°C rata-rata sebesar 51,18 J dan laju perpindahan panas konveksi pada *hybrid* dengan suhu 80°C rata-rata sebesar 78,84 J.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada waktu pengeringan ke 120 menit terjadi penurunan nilai dari laju perpindahan panas konveksi pada setiap suhu. Penurunan ini terjadi dikarenakan air yang diuapkan sudah berkurang tidak sebanyak pada saat awal pengeringan. Panas sudah mulai merambat dan mengalir ke permukaan ikan asin yang dikeringkan. Laju perpindahan panas konveksi mengalami kenaikan pada waktu pengeringan 180 menit, hal ini dikarenakan temperatur pada udara panas yang berubah sehingga transfer pada panas juga berubah, sedangkan pada waktu pengeringan ke 240 menit dan 300 menit laju perpindahan panas konveksi cenderung konstan. Hal ini menunjukkan bahwa, semakin tinggi temperatur udara pengering dan temperatur pelat maka laju perpindahan panas akan semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan dengan peningkatan temperatur pada temperatur udara pengering dan temperatur pelat pengering maka panas pada ruang pengering akan merata sehingga laju perpindahan panas konveksi akan meningkat (Hatta dkk, 2019).

- **Perpindahan Panas Konduksi**

Panas konduksi pada proses pengeringan ini terjadi ketika panas dari dinding pelat masuk ke dalam ikan asin yang dikeringkan. Gambar 5 merupakan grafik hubungan perpindahan panas konduksi terhadap waktu pengeringan ikan asin.



Gambar 5. Hubungan Perpindahan Panas Konduksi terhadap Waktu Pengerian Ikan Asin

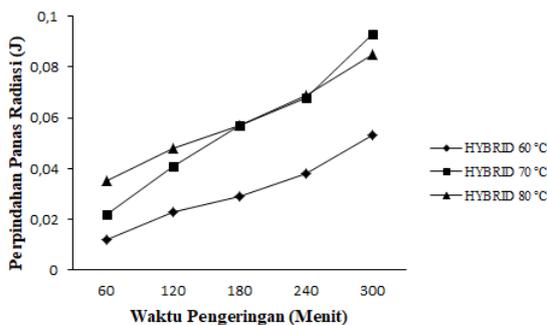
Laju perpindahan panas konduksi pada *hybrid* dengan suhu 60°C rata-rata sebesar 43,13 J, laju perpindahan panas konduksi pada *hybrid* dengan suhu 70°C rata-rata sebesar 80,89 J dan laju perpindahan panas konduksi pada *hybrid* dengan suhu 80°C rata-rata sebesar 82,22 J.

Berdasarkan Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa pada awal pengeringan nilai laju perpindahan panas konduksi pada setiap suhu lebih besar dikarenakan pada awal pengeringan setiap lapisan permukaan ikan asin terjadi peningkatan laju pindah panas yang tinggi, karena pada tahap ini terjadi kontak langsung antara ikan asin dengan media udara panas dari sekitaran dinding pelat pengering.

Penurunan berkala terjadi pada waktu pengeringan 120 menit, penurunan laju perpindahan panas ini terjadi karena panas yang kontak dengan bahan yang dikeringkan sudah mulai mengalir ke lapisan-lapisan permukaan pada ikan asin. Pada waktu pengeringan 180 menit, 240 menit dan 300 menit laju perpindahan panas konduksi cenderung mengalami kenaikan dan konstan. Peningkatan dan penurunan laju perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh temperatur udara pengering, temperatur pelat pengering, ketebalan bahan (ikan asin) dan ketebalan pelat pengering (Hatta dkk, 2019).

#### • Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi atau pancaran adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya. Gambar 6 merupakan grafik hubungan perpindahan panas radiasi terhadap waktu pengeringan ikan asin.



Gambar 6. Hubungan Perpindahan Panas Radiasi terhadap Waktu Pengeringan Ikan Asin

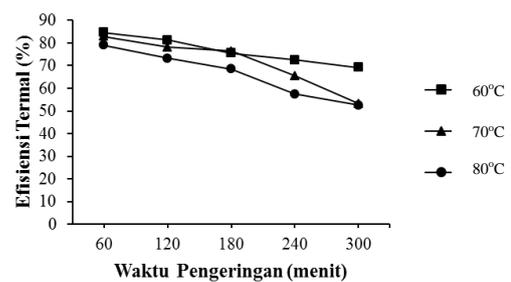
Laju perpindahan panas radiasi pada *hybrid* dengan suhu 60°C rata-rata sebesar 0,031 J, laju perpindahan panas radiasi pada *hybrid* dengan suhu 70°C rata-rata sebesar 0,056 J dan laju perpindahan panas radiasi pada *hybrid* dengan suhu 80°C rata-rata sebesar 0,058 J.

Berdasarkan Gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa nilai laju perpindahan panas radiasi mengalami kenaikan dan penurunan yang dipengaruhi oleh sinar matahari. Laju perpindahan panas radiasi sangat berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari dan kecepatan aliran udara, semakin besar nilai intensitas cahaya matahari maka akan semakin besar pula laju perpindahan perpindahan panas begitu juga dengan kecepatan aliran udara, semakin besar kecepatan aliran udara maka akan semakin besar pula laju perpindahan panas. Berdasarkan penelitian yang sudah ada, laju perpindahan panas radiasi sangat

bergantung dengan cuaca atau temperatur pada cahaya matahari akan meningkat dan menurun seiring dengan nilai intensitas cahaya matahari. Semakin tinggi nilai intensitas matahari maka akan semakin tinggi pula temperatur pada kolektor surya yang nantinya akan berpengaruh pada laju perpindahan panas radiasi (Hatta dkk, 2019).

### 3.5 Efisiensi Termal

Efisiensi termal merupakan hal yang sangat mutlak untuk mengetahui tingkat kinerja dari ruang pengering pada proses pengeringan ikan asin sepat dengan menggunakan alat *tray dryer* sistem *hybrid* (surya-heater) layak atau tidak untuk digunakan. Gambar 8 merupakan grafik hubungan antara waktu dan temperatur *set point* terhadap efisiensi termal.



Gambar 7. Hubungan Antara Waktu dan Temperatur *Set Point* terhadap Efisiensi termal

Pada Gambar 7 terlihat efisiensi termal pada proses pengeringan sistem *hybrid*. Pada percobaan yang telah dilakukan, efisiensi termal pengering yang didapat bervariasi antara 52,55% sampai 84,53%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menguapkan air dari bahan sedangkan sebagian panas lainnya hilang.

Pada Gambar 7 diatas, menunjukkan bahwa efisiensi termal terbesar yang didapat pada temperatur *set point* 60°C dengan waktu pengeringan 60 menit yaitu sebesar 84,53%. Sedangkan efisiensi termal terendah yang didapatkan pada temperatur *set point* 80°C dengan waktu pengeringan 300 menit yaitu 52,55%. Semakin lama waktu pengeringan maka semakin menurun efisiensi termal, semakin tinggi temperatur udara pengering tidak terlalu memberikan pengaruh terhadap efisiensi termal. Hal ini disebabkan karena banyak energi yang hilang yaitu tidak adanya insulator pada ruang pengering dan kolektor, sambungan antara kolektor dan ruang pengering tidak rapat, kondisi pengering tidak pada kapasitas maksimum sehingga menyebabkan energi yang diterima oleh pengering tidak seluruhnya dimanfaatkan untuk proses pengeringan (Catrawedarma dkk, 2011).

### 3.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan hasil penelitian rancang bangun *tray dryer* sistem *hybrid* (surya-heater) untuk pengeringan

Tabel 1. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

| Bahan           | Metode Pengerangan                                  | Suhu (°C) | Waktu (Jam) | Kadar Air (%) |                       | Laju Perpindahan Panas (J) |          |         | Laju Pengerangan (kg/jam m <sup>2</sup> ) | Efisiensi Termal (%) | Referensi          |
|-----------------|---|-----------|-------------|---------------|-----------------------|----------------------------|----------|---------|---|----------------------|--------------------|
|                 |   |           |             | Sebelum       | Sesudah               | Konduksi                   | Konveksi | Radiasi |   |                      |                    |
| Ikan Cakalang   | <i>Tray dryer</i> multi komoditas tipe udara hembus | 53        | 2,5         | 74,89         | 33,53                 | -                          | -        | -       | 1,87                                      | 13,44                | Wunarlana, 2018    |
| Ikan Sepat Siam | <i>Tray dryer</i> bahan bakar gas                   | 70        | 12          | 75,40         | 39,05                 | -                          | -        | -       | -   | -                    | Sirait, 2019       |
| Ikan Lele       |   | 70        | 8           | -             | 10,05                 | -                          | -        | -       | -   | -                    |                    |
| Ikan Nike       |   | 70        | 12          | -             | 10,59                 | -                          | -        | -       | -   | -                    |                    |
| Ikan Karang     | Metode <i>hybrid</i> (surya-gas)                    | 67        | 13          | -             | 38,18                 | 56,7                       | 40,3     | 0,012   | -   | -                    | Hatta dkk, 2019    |
| Ikan Teri       |   | 67        | 8,5         | -             | 57,17                 | 43,8                       | 37,4     | 0,008   | -   | -                    |                    |
| Ikan Mujair     | <i>Tray dryer</i> bahan bakar briket batubara       | -         | 3           | -             | Kehilangan hingga 70% | -                          | -        | -       | 0,11541                                   | 1,32                 | Firdaus, 2016      |
| Ikan Sepat Asin | <i>Oven</i>   | 50        | 12          | 75,4          | 31,85                 | -                          | -        | -       | -   | -                    | Riansyah dkk, 2013 |
|                 |   | 60        | 12          | 75,4          | 26,85                 | -                          | -        | -       | -   | -                    |                    |
|                 |   | 70        | 12          | 75,4          | 16,85                 | -                          | -        | -       | -   | -                    |                    |
| Ikan Sepat Asin | <i>Tray dryer hybrid</i> ( <i>heater-surya</i> )    | 60        | 5           | 78,4          | 36,9                  | 25,06                      | 43,13    | 0,031   | 0,0982                                    | 69,14                | Hasil Penelitian   |
|                 |   | 70        | 5           | 79,9          | 31,2                  | 51,18                      | 80,89    | 0,056   | 0,1492                                    | 53,28                |                    |
|                 |   | 80        | 5           | 78,3          | 24,5                  | 78,84                      | 82,22    | 0,058   | 0,3639                                    | 52,55                |                    |

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa pengeringan ikan asin dapat menggunakan berbagai metode. Pada penelitian Wunarlana (2018), pengeringan ikan cakalang dilakukan menggunakan alat *tray dryer* tipe udara hembus dengan suhu 53°C selama 2,5 jam didapatkan kadar air akhir sebesar 33,53%, laju pengering sebesar 1,87 dan efisiensi termal sebesar 13,44%.

Pada penelitian Sirait (2019), pengeringan ikan dilakukan dengan menggunakan alat *tray dryer* bahan bakar gas dengan temperatur sebesar 70°C selama 12 jam pada pengeringan ikan sepat siam dan ikan nikel, selama 8 jam pada pengeringan ikan lele dumbo. Kadar air akhir yang didapat yaitu ikan sepat siam sebesar 39,05%, ikan lele dumbo sebesar 10,05%, dan ikan nikel sebesar 10,59%.

Pada penelitian Hatta (2019) digunakan pengeringan metode *hybrid* (*heater-gas*) dengan temperatur 67°C selama 13 jam untuk ikan karang dan ikan teri selama 8,5 jam, didapatkan kadar air akhir secara berturut-turut sebesar 38,18% dan 57,17%, serta didapatkan rata-rata laju perpindahan panas konduksi sebesar 56,7 J, laju perpindahan panas konveksi sebesar 40,3 J, laju perpindahan panas radiasi sebesar 0,012 J dan untuk pengeringan ikan teri didapatkan rata-rata laju perpindahan panas konduksi sebesar 43,8 J, laju perpindahan panas konveksi sebesar 37,4 J, laju perpindahan panas radiasi sebesar 0,008 J.

Pada penelitian Firdaus (2016), pengeringan ikan dilakukan dengan menggunakan alat *tray dryer* bahan bakar briket batubara selama 3 jam untuk mengeringkan ikan mujair. Kadar air akhir pada pengeringan ikan mujair yang didapat yaitu kehilangan hingga 70% air dan efisiensi termal akhir yang didapat sebesar 1,32%. Pada penelitian Riansyah (2013), pengeringan ikan sepat asin dilakukan dengan menggunakan *oven* selama 12 jam dengan variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan kadar air akhir secara berturut-turut sebesar 31,85%, 26,85%, dan 16,85%.

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan, ikan sepat asin dikeringkan dengan metode *hybrid* (*heater-surya*) selama 5 jam dengan variasi suhu 60°C, 70°C, dan 80°C, didapatkan kadar air secara berturut-turut sebesar 36,9%, 31,2%, dan 24,5%. Laju pengeringan yang didapat secara berturut-turut adalah 0,0982 kg/jam m<sup>2</sup>, 0,1492 kg/jam m<sup>2</sup> dan 0,3639 kg/jam m<sup>2</sup>. Laju perpindahan panas secara konveksi secara berturut-turut yaitu 25,06 J, 51,18 J dan 78,84 J, laju perpindahan panas konduksi secara berturut-turut yaitu 43,13 J, 80,89 J dan 82,22 J, laju perpindahan radiasi secara berturut-turut yaitu 0,031 J, 0,056 J dan 0,058 J. Efisiensi termal yang didapat secara berturut-turut sebesar 69,14%, 53,28%, dan 52,55%. Dengan mengembangkan metode pengeringan ikan sepat asin dari penelitian terdahulu, yaitu dengan menggunakan

energi heater dan surya, didapatkan hasil yang lebih baik. Hal tersebut dapat dilihat dari lama waktu pengeringan ikan asin yang jauh lebih singkat dari pada penelitian terdahulu, nilai laju perpindahan panas yang lebih tinggi dari penelitian terdahulu, laju pengeringan yang lebih baik dari penelitian terdahulu dan efisiensi termal yang lebih baik dari penelitian terdahulu yang dapat dilihat dari panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menguapkan air dari bahan.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dimensi alat pengering dengan panjang 50 cm, lebar 50 cm dan tinggi 147 cm yang mempunyai 4 tray dan berkapasitas 2 kg dengan sistem pengeringan hybrid yaitu mempunyai 2 sumber energi pengering yaitu heater dan surya.
2. Pada proses pengeringan ikan asin menggunakan tray dryer sistem hybrid dengan menggunakan 2 sumber panas yaitu heater dan surya, didapatkan ikan asin sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2721- 2009) dengan kondisi optimum tercapai pada:
  - Temperatur *setpoint* ruang pengering = 70°C
  - Waktu pengeringan = 300 menit
  - Laju pengeringan = 0,1492 kg/jam m<sup>2</sup>
  - Kadar air = 31,2%
  - Laju perpindahan panas konveksi = 71,15 J
  - Laju perpindahan panas konduksi = 52,01 J
  - Laju perpindahan panas radiasi = 0,048 J
  - Efisiensi termal = 53,28%

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, F. R., Ahmadi, N. R., dan Nurhasanah, A. 2018. *Keragaan Pengering Hybrid Energi Surya dan Biomassa untuk Pengeringan Sawut Ubi Kayu Terfermentasi*. Buletin Palawijaya, 16(2), 54-64.
- Adawyah, R. 2007. *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Antoni, S. 2011. *Analisa Kandungan Formalin Pada Ikan Asin Dengan Metoda Spektrofotometri di Kecamatan Tampan Pekanbaru*. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *Cara Uji Kimia-Bagian-2: Penentuan Kadar Air pada Produk Perikanan: SNI 01-2354.2-2015*. Jakarta. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/10916> Diakses pada 2 Juni 2020.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Kadar Air Ikan Asin: SNI 01-2721-200*. Jakarta.

<http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/10916> Diakses pada 2 Juni 2020

- Catrawedarma, I.G.N.B., Jefri, A., dan Anang, K.R. (2017). *Pengujian Thermal Alat Pengering Padi dengan Konsep Natural Convection*. Prosiding Seminar Nasional dan Temu Ilmiah Jaringan Peneliti, 1(6), 406-415. IAI Darussalam Blokagung: Banyuwangi.
- Dhanika, R. N. 2010. *Studi Keragaan Mesin Pengering Sistem Hybrid pada Pengolahan Mocaf (Modified Cassava Flour)*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Firdaus, A. 2016. *Perancangan dan Analisa Alat Pengering Ikan dengan Memanfaatkan Energi Briket Batubara*. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 05(4), 128-136.
- Geankoplis, C.J. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles: (Includes Unit Operations (4<sup>th</sup> ed.))*. Prentice-Hall International: Tokyo.
- Hanafi, R., Siregar, S., dan Nurba, D. 2017. *Modifikasi dan Uji Kinerja Alat Pengering Energi Surya-Hybrid Tipe Rak Untuk Pengeringan Ikan Teri*. Jurnal Rona Teknik Pertanian, 10(1), 9-20.
- Hatta, M., Syuhada, A., dan Fuadi, Z. 2019. *Sistim Pengeringan Ikan Dengan Metode Hybrid*. Jurnal Polimesin, 17(1), 9-18.
- Himmelblau, D.M. 2004. *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, Prentice-Hall, Inc: New Jersey.
- Ikhshan, M., Muhsin, M., dan Patang, P. 2018. *Pengaruh Variasi Suhu Pengering terhadap Mutu Dendeng ikan Lele Dumbo (Clarias Gariepinus)*. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian, 2(2), 114-122.
- Kudra, T., dan Mujumdar, A. S. 2009. *Advanced Drying Technologies*. Boca Raton: CRC Press.
- McCabe, W., Smith, J.C., dan Harriot, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering (5<sup>th</sup> ed.)*. McGraw Hill Book, Co: United States of America.
- Murjani, A. 2009. *Budidaya Ikan Sepat Rawa (Trichogaster Trichopterus) dengan Pemberian Pakan Komersil*. Laporan Penelitian Mandiri. Fakultas Perikanan. Universitas Lambung Mangkurat.
- Perry, R.H. dan Green, D.W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook (7<sup>th</sup> ed.)*. McGraw-Hill Book Company: New York.

- Rahbini., Heryanto., Rachmat, B., dan Rhofita, E. I. 2016. *Rancang Bangun Alat Pengering Tipe Rak Sistem Double Blower*. Prosiding SENTIA, Politeknik Negeri Malang.
- Rahbini., Rhofita, E. I. 2017. *Perancangan Rumah Pengering Ikan Efek Rumah Kaca (ERK) Hybrid-LPG Tipe Rak*. Prosiding SNTT, Politeknik Negeri Malang.
- Rahman, A. F., Sukmawaty., dan Sabani, R. 2017. *Evaluasi Pengeringan Pisang Sale (Musa paradisiaca L.) pada Alat Pengeringan Hybrid (Surya-Listrik) Tipe Rak*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, 5(1), 360-368.
- Riansyah, A., Supriadi, A., dan Nopianti, R. 2013. *Pengaruh perbedaan suhu dan waktu pengeringan terhadap karakteristik ikan asin sepat siam (Trichogaster pectoralis) dengan menggunakan oven*. Jurnal Fishtech, 2(1), 53-68.
- Setyoko, B., Darmanto, S., dan Rahmat. 2012. *Peningkatan Kualitas Pengeringan Ikan dengan Sistem Tray Drying*. Prosiding SNST, 3.
- Sirait, J. 2019. *Pengeringan dan Mutu Ikan Kering*. Jurnal Riset Teknologi Industri. 13, 303-313.
- Wunarlan, I. 2018. *Pengujian Tingkat Efisiensi Alat Pengering Multi Komoditas Tipe Udara Hembus Berbahan Bakar Biomasa*. Jurnal Teknik, 16(1), 12-24.
- Zamzami, M.A. 2017. *Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Laju Pengering Rimpang Jahe (Zingiber Officinale Roscoe) pada Pengeringan Kombinasi Surya-Tapis Molekuler*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Zikri, A., Erlinawati., dan Rusnadi, I. 2015. *Uji Kinerja Rotary Dryer Berdasarkan Efisiensi Termal Pengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopellet*. Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya, 2(12), 50-58.