

**OPTIMALISASI UNJUK KERJA RUANG PENGERING HIBRIDA UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PENGERINGAN IKAN TERI****Rizal Hasrul<sup>1)</sup> dan Amrul<sup>2),\*</sup>**<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung\*) Email Korespondensi : [amrul123@eng.unila.ac.id](mailto:amrul123@eng.unila.ac.id)**Abstrak**

*Nelayan Indonesia mayoritas menggunakan metode pengolahan ikan teri secara tradisional yaitu dengan cara penjemuran di bawah cahaya matahari. Metode seperti itu banyak kelemahannya diantaranya adalah terkontaminasi oleh udara lingkungan yang dapat menyebabkan turunnya mutu ikan teri. Selain itu, proses pengeringan bergantung dengan cuaca dan waktu, apabila hujan dan ketika malam pengeringan tidak dapat berlangsung. Untuk itu perlu alat pengering yang dapat digunakan tanpa terkendala oleh cuaca dan waktu. Penelitian ini menggunakan alat pengering hibrida yang mempunyai dua sumber panas, yaitu sumber panas dari kolektor surya dan radiator. Ketika cuaca cerah dengan intensitas matahari yang tinggi alat pengering menggunakan sumber panas dari kolektor surya dan ketika hujan atau malam hari pengeringan menggunakan sumber panas dari radiator. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik dari ruang pengering meliputi waktu pengeringan serta efisiensi dari ruang pengering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan laju energi dari udara panas yang masuk ke ruang pengering sebesar 0,538 kW, ruang pengering mampu mengeringkan 8 kg ikan dengan waktu pengeringan selama 350 menit (6 jam). Dari perhitungan didapat energi total yang masuk ke ruang pengering sebesar 11340 kJ dan energi yang digunakan selama proses pengeringan ikan teri yaitu sebesar 7751,3 kJ sehingga didapat efisiensi pengeringan sebesar 68%.*

**Kata kunci:** Ikan teri; alat pengering hibrida; waktu pengeringan; efisiensi ruang pengering.

**PENDAHULUAN**

Pengeringan merupakan tahap penting dalam pengolahan hasil perikanan dan produk pangan untuk meningkatkan umur simpan serta menjaga kualitas [1]. Di Indonesia, ikan teri merupakan salah satu komoditas perikanan yang melimpah, namun sebagian besar masih dikeringkan secara tradisional melalui penjemuran terbuka, sehingga rentan terhadap kerusakan dan ketergantungan pada kondisi cuaca [2]. Untuk mengatasi hal ini, teknologi pengeringan hybrid yang memadukan energi surya dengan sumber energi tambahan, seperti listrik atau pemanas, mulai dikembangkan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengering hybrid mampu mempercepat waktu pengeringan dan mempertahankan kualitas produk dibanding metode tradisional. Misalnya, pengering kabinet

surya hibrida dengan PCM parafin mampu menurunkan kadar air ikan secara efisien sekaligus menjaga mutu lebih baik dibanding pengering surya biasa [4]. Selain itu, pengering surya tipe rak yang dimodifikasi menjadi sistem hybrid menunjukkan efisiensi energi lebih tinggi dan waktu pengeringan lebih singkat dibanding pengering surya konvensional [5,7].

Pengujian mutu ikan teri asin yang dikeringkan menggunakan berbagai sumber panas juga menunjukkan bahwa pemanas keramik infrared dapat mencapai kadar air sesuai standar SNI lebih cepat dibandingkan metode tradisional, meski pengujian keamanan pangan tambahan tetap diperlukan [3]. Lebih luas, pengering hybrid juga dapat diterapkan pada pengolahan limbah ikan dan produk pangan lain, seperti jahe, bawang merah, chip mocaf, dan kencur, dengan hasil

efisiensi energi tinggi, kapasitas pengeringan besar, serta mutu produk yang memenuhi standar [6,8,9].

Selain itu, pengeringan ikan dengan sistem hybrid telah terbukti mampu mempertahankan laju pengeringan yang stabil, suhu dan kelembapan optimal, serta memanfaatkan energi secara efisien dibanding pengering surya biasa, seperti pada pengeringan ikan keumamah [10]. Dengan demikian, penerapan teknologi pengeringan hybrid tidak hanya meningkatkan efisiensi dan mutu produk, tetapi juga mendukung keberlanjutan energi melalui pemanfaatan energi terbarukan dan pengurangan jejak karbon.

## METODE PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan dalam dua tahapan pengujian yaitu pengujian awal dan pengujian pengeringan ikan teri. Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui karakteristik ruang pengering. Adapun tahapan pada pengujian awal antara lain; pengujian radiator yang dilakukan untuk mengetahui temperatur udara yang dihasilkan, selanjutnya dilakukan pengujian distribusi temperatur pada ruang pengering, untuk mengetahui pendistribusian temperatur di sudut-sudut dan rak pada ruang pengering. Setelah itu pengujian laju penguapan, dilakukan untuk mengetahui kemampuan ruang pengering menguapkan air yang disimulasikan menggunakan kain lapisan dibasahi.

Setelah pengujian awal mendapat data, berlanjut pada tahap pengujian pengeringan ikan teri. Dari data-data pengujian awal yang telah dilakukan, nantinya akan digunakan dalam menentukan kapasitas dalam pengujian pengeringan ikan teri serta penggunaan rak pada ruang pengering.

### Spesifikasi Ruang Pengering

Berikut adalah dimensi dari ruang pengering dari alat pengering hibrida pada penelitian sebagai berikut:

Tinggi	: 1 m
Panjang	: 1.6 m
Lebar	: 0.8 m
Volume ruang pengering	: $1.28 \text{ m}^3$
Jumlah rak	: 8 rak
Jarak antar rak	: 0,2 m
Kecepatan aliran udara	: 0.3 m/s
Sumber panas	: Kolektor surya dan radiator
Isolator dinding	: Serbuk gergaji
Tebal dinding	: 8 cm
Luas penampang saluran	: $0.16 \text{ m}^2$
Udara masuk dan keluar Ruang pengering	

Berikut merupakan foto dari alat pengering, dimana pengambilan foto dilakukan dari depan dan samping sehingga menghasilkan gambar tersebut.



(a)

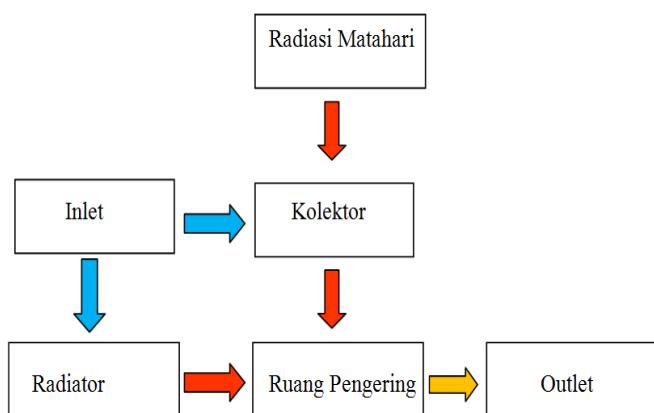


(b)

Gambar 1. Foto alat pengering tampak, a). Depan, b). Samping

### Pengujian

Proses pengeringan menggunakan dua sumber panas berbeda yaitu kolektor surya dan radiator seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema aliran udara pada alat pengering.

Pengujian dilakukan menggunakan udara panas yang dihasilkan dari radiator dikarenakan waktu pengujian yang bertepatan dengan musim penghujan. Pengujian ini hanya berfokus pada proses pengeringan yang terjadi di ruang pengering. Udara panas yang masuk dikondisikan antara temperatur 50°C–60°C agar suplai energi dapat terpenuhi untuk pengeringan.

Pengujian dilakukan dengan dua tahap pengujian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Berikut ini adalah tahapan pengujian yang dilakukan, yaitu:

1. Pengujian Awal

Pengujian awal yaitu melakukan pengujian terhadap ruang pengering agar diketahui karakteristik ruang pengering meliputi temperatur udara yang masuk, kemudian pendistribusian temperatur serta laju penguapan yang terjadi dalam ruang pengering. Untuk memperoleh data-data tersebut maka pada pengujian ini dilakukan tiga jenis pengujian, yaitu:

a. Pengujian pada radiator

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data temperatur udara sehingga dapat diketahui besar energi

panas yang dihasilkan oleh radiator serta pencapaian waktu hingga temperatur udara stabil. Waktu tersebut akan digunakan sebagai acuan dimulainya pengambilan data pada pengujian-pengujian berikutnya.

Temperatur udara yang dibutuhkan agar pengeringan lebih optimal adalah 50–60°C. Apabila temperatur kurang dari 50°C maka perlu dilakukan pengoptimasian terhadap sumber panas. Diantarnya adalah dengan membesarkan pengapian kompor pada saat pemanasan air yang dialirkan ke radiator. Prosedur pengambilan data pada pengujian ini sebagai berikut:

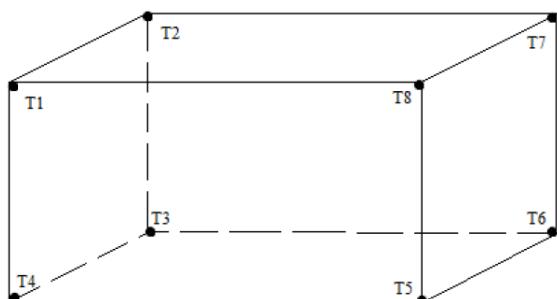
- 1) Memasang termokopel pada saluran udara masuk ruang pengering.
- 2) Mengeset kompor dan panci untuk proses perebusan air yang nantinya akan dialirkan ke radiator.
- 3) Setelah semua persiapan telah selasai maka kompor dan pompa dihidupkan, bersamaan dengan itu, data temperatur yang ditunjukkan termokopel dicatat setiap 10 dan pengambilan data dilakukan sampai temperatur dianggap stabil.

b. Pengujian Distribusi Temperatur

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pendistribusian temperatur udara yang dihasilkan pada ruang pengering. Pada tahap ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian distribusi temperatur di sudut ruang pengering dan pengujian distribusi temperatur di setiap rak. Pengujian dilakukan selama 3 jam dihitung mulai dari temperatur telah stabil dan data dicatat setiap 10 menit waktu pengujian.

- 1) Pengujian distribusi temperatur di sudut-sudut ruang pengering

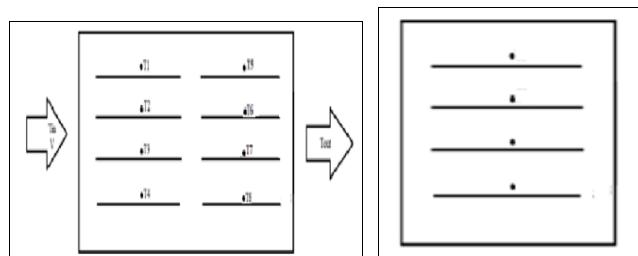
Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur di sudut-sudut ruang pengering. Adapun prosedur pengambilan data antara lain: Menempatkan sensor termokopel pada sudut-sudut ruang pengering seperti pada gambar 3. Mencatat data temperatur yang ditunjukkan oleh termokopel setelah temperatur udara yang dihasilkan stabil.



Gambar 3. Penempatan sensor temokopel pada ruang pengering.

## 2) Pengujian Distribusi Temperatur Pada Rak di Ruang Pengering

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur di setiap rak pada ruang pengering, yang nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk penggunaan rak pada pengujian pengeringan ikan teri, dengan prosedur pengambilan data sebagai berikut: Meletakan sensor termokopel tepat di tengah-tengah rak pada ruang pengering seperti pada Gambar 4. Catat temperatur yang ditunjukkan oleh termokopel



Gambar 4. Penempatan sensor temokopel pada rak ruang pengering a). Tampak depan, b). Tampak samping.

## c. Pengujian Laju Pengeringan

Pengujian ini menggunakan kain lap yang dibasahi sampai dengan kadar air tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan laju pengurangan terhadap kadar air kain lap, sehingga dapat menentukan penggunaan rak mana yang terbaik ketika pengujian pengeringan ikan teri. Selain itu, jumlah ikan teri yang digunakan pada pengujian dapat ditentukan dengan persamaan berikut (1),

$$m_w = \frac{W_1(m_{c1} - m_{c2})}{100\% - m_{c2}} \quad (1)$$

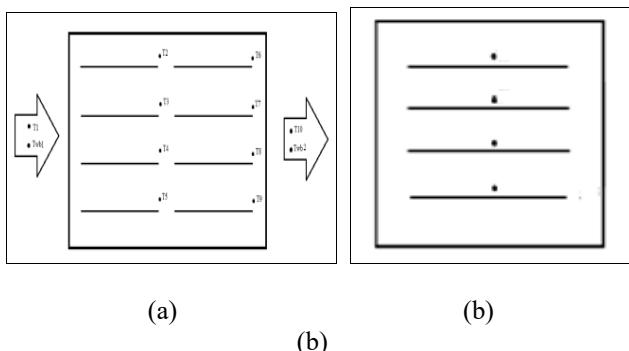
Pada pengujian ini ada tiga kali pengujian, yaitu Pengujian I menggunakan 1 kain, Pengujian II menggunakan 2 lapis kain, dan Pengujian III menggunakan 3 rangkap kain di setiap rak, dimana kain tersebut telah dibasahi hingga berat akhir dari kain tiap rak sebesar 200 gr pada Pengujian I, 400 gr untuk kain Pengujian II, dan Pengujian III sebesar 500 gr.

Berikut adalah prosedur pengambilan data:

- 1) Memasang termokopel pada tempat yang ditentukan, seperti pada Gambar 5.

- 2) Timbang kain lap yang akan digunakan agar diketahui berat awal kain.
- 3) Basahi kain lab tersebut hingga mencapai berat yang ditentukan pada masing-masing pengujian dan pastikan berat dari kain seragam.
- 4) Letakan kain lab di rak dengan jumlah kain per rak tergantung dari jenis pengujian yaitu satu lembar kain untuk pengujian I, dua lembar kain untuk pengujian II dan tiga lembar kain untuk pengujian III.
- 5) Catat data temperatur dan berat kain lap masing-masing pengujian disetiap 10 menit.
- 6) Lakukan pengambilan data hingga semua kain menjadi kering dan mencapai berat awal dari kain.
- 7) Menghitung kapasitas pengeringan berdasarkan kadar air yang harus diuapkan tiap pengujian menggunakan persamaan (2) sebagai berikut,

$$m_w = \frac{W_1(m_{C1} - m_{C2})}{100\% - m_{C2}} \quad (2)$$



Gambar 5. Penempatan Termokopel, a). Tampak depan, b). Tampak samping

- 1) Pengujian Pengeringan Ikan Teri Setelah rangkaian pengujian awal mendapatkan hasil yaitu penggunaan rak dan kapasitas teri,

selanjutnya melangkah ke tahap pengujian pengeringan ikan teri. Dari pengujian ini akan diketahui waktu pengeringan serta laju penguapan kadar air ikan teri.

Berikut adalah prosedur percobaab dari pengujian pengeringan ikan teri, yaitu: Memasang termokopel seperti pada Gambar 5. Menghitung kadar air akhir ikan teri menggunakan persamaan (3) sebagai berikut,

$$W_f = \frac{W_{tk} - W_{ta}}{W_{tk}} \times 100\% \quad (3)$$

- 1) Menyiapkan ikan teri yang akan dikeringkan, kemudian meletakan ikan teri di rak yang ditentukan setelah temperatur udara masuk keruangan pengering stabil dan pastikan ketebalan teri pada tiap rak merata.
- 2) Catat data temperatur dan berat teri selama pengujian disetiap 10 menit.
- 3) Lakukan pengambilan data hingga semua teri menjadi kering dan mencapai kadar air akhir ikan.

### Perhitungan

Dari data yang nantinya didapat maka selanjutnya kita dapat melakukan perhitung, yaitu:

#### 1. Perhitungan Energi

Energi panas yang digunakan dalam proses pengeringan ikan teri dengan persamaan (4) berikut,

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_l \quad (4)$$

Dimana,

$$Q_t = W_{tk} \times C_p_{Teri} \times (T_d - T_a)$$

$$Q_w = W_i \times C_p_{air} \times (T_d - T_a)$$

$$Q_l = W_r \times h_{fg@T}$$

2. Efisiensi Ruang Pengering

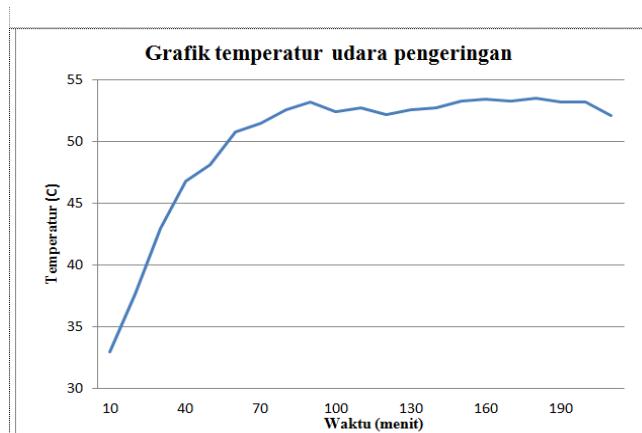
Adapun dalam menghitung efisiensi ruang pengering dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut,

$$\eta = \frac{Q_d}{Q_{in}} \quad (5)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Temperatur yang Dihasilkan Radiator**

Pengujian ini berlangsung selama 210 menit dimulai dari menghidupkan kompor sampai temperatur mencapai keadaan yang stabil. Dari grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dapat kita lihat bahwa kenaikan temperatur hingga mencapai temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  tercapai pada menit ke 60, setelah itu temperatur mulai konstan hingga akhir pengujian. Grafik tersebut menunjukkan temperatur udara yang dihasilkan oleh radiator konstan. Nilai rata-rata temperatur tersebut yang dihitung dari menit ke 60 hingga pengujian selesai yaitu sebesar  $52,7^{\circ}\text{C}$ , sehingga menghasilkan energi yang cukup untuk pengeringan.



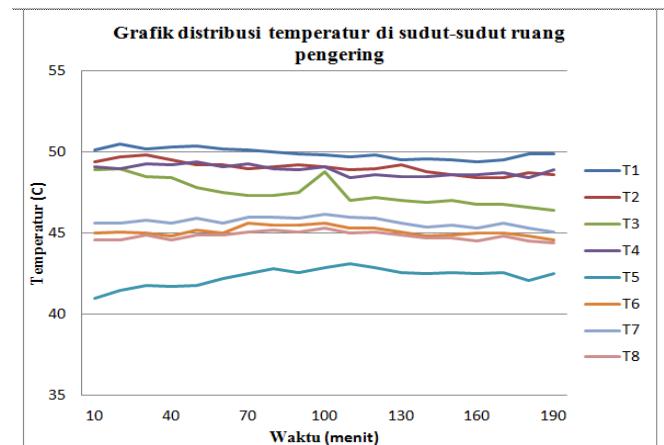
Gambar 6. Grafik temperatur udara pengeringan.

**Hasil Pengujian Distribusi Temperatur Udara**

Pengujian ini dilakukan dalam dua jenis pengujian, yaitu pengujian distribusi temperatur pada ruang pengering dan pengujian distribusi temperatur pada rak-rak ruang pengering. Dari masing-masing pengujian tersebut mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Distribusi Temperatur Pada Ruang Pengering

Dari pengujian ini dapat diketahui bahwa temperatur pada ruang pengering tidak seragam seperti yang ditunjukkan Gambar 7. Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa temperatur pada T1 adalah temperatur yang tertinggi dengan temperatur rata-rata adalah  $50^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk temperatur terendah adalah pada T5 dengan temperatur rata-rata  $42^{\circ}\text{C}$ .

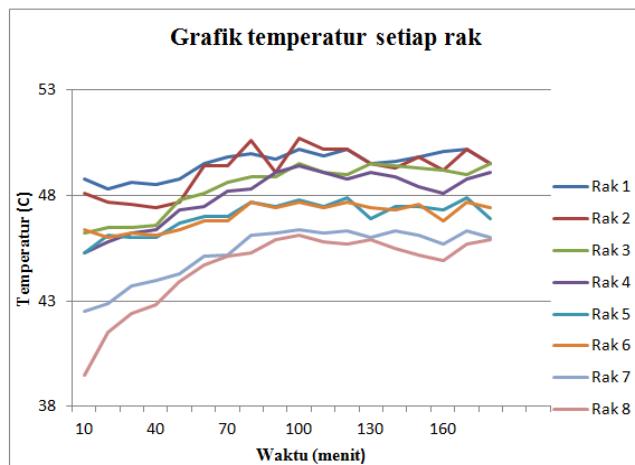


Gambar 7. Grafik distribusi temperatur di sudut-sudut ruang pengering

Perbedaan temperatur pada sudut-sudut ruang pengering diakibatkan oleh pendistribusian udara panas yang tidak merata dari hembusan fan.

2. Hasil Pengujian Temperatur pada Rak-rak Ruang Pengering

Dari pengujian ini didapat data temperatur di setiap rak ruang pengering seperti pada Gambar 8. Dari gambar diketahui bahwa temperatur tertinggi dicapai oleh Rak 1 dengan temperatur rata-rata yaitu  $49,5^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 8. Grafik temperatur setiap rak

Selanjutnya Rak 2 dengan temperatur rata-rata adalah  $49,2^{\circ}\text{C}$ . Pada Rak 3 temperatur rata-ratanya adalah  $48,4^{\circ}\text{C}$  sedangkan temperatur rata-rata Rak 4 sebesar  $47,9^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur terendah diperoleh pada Rak 8 dengan temperatur  $44,5^{\circ}\text{C}$ . Jika dilihat dari capaian temperatur di setiap rak maka dari kedelapan rak tersebut yang akan optimal dalam proses pengeringan adalah pada Rak 1, Rak 2, Rak 3, dan Rak 4.

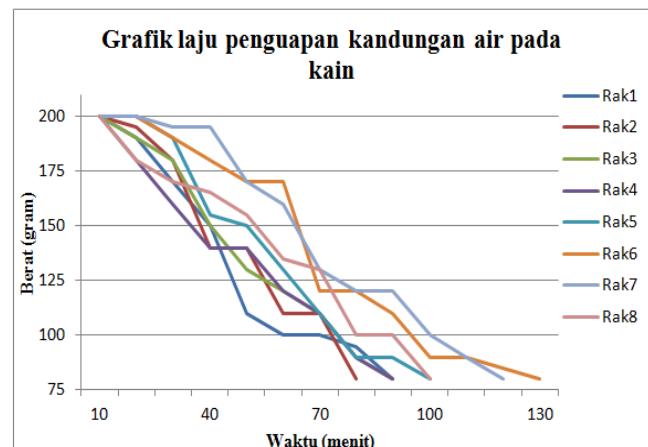
#### Hasil Pengujian Laju Penguapan

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan kain lap yang dibasahi hingga mencapai kadar air tertentu dan kemudian dikeringkan hingga kain lab tersebut menjadi kering maka didapat data-data sebagai berikut:

##### 1. Pengujian I

Pada pengujian ini mengeringkan satu kain lap di setiap rak ruang pengering

dengan berat awal perkain sebesar 80 gr dan dibasahi hingga 200 gr, sehingga kandungan air pada lab tersebut adalah sebesar 120 gr, maka berat total air yang harus diuapkan ruang pengering adalah  $120 \text{ gr} \times 8 \text{ rak} = 960 \text{ gr}$ .



Gambar 9. Grafik laju penguapan kadar air pada kain lap

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa laju penguapan kadar air hingga semua kain lap menjadi kering memakan waktu selama 130 menit. Waktu tercepat dicapai oleh Rak 2 yaitu 80 menit sedangkan waktu pengeringan terlama adalah Rak 6 dengan waktu pengeringan selama 130 menit.

Berdasarkan kadar air yang harus diuapkan, kapasitas pengeringan ikan teri dapat dihitung menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$m_w = \frac{W_1(m_{C1} - m_{C2})}{100\% - m_{C2}}$$

$$0,96 \text{ kg} = \frac{W_1(69\% - 40\%)}{100\% - 40\%}$$

$$0,96 \text{ kg} = \frac{W_1(29\%)}{60\%}$$

$$0,96 \text{ kg} = W_1(0,48)$$

$$W_1 = \frac{0,96}{0,48} = 2 \text{ kg}$$

Oleh karena itu, dari Pengujian I dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas pengeringan sebanyak 2 kg ikan teri akan memakan waktu pengeringan selama 130 menit hingga tercapai kadar air akhir.

## 2. Pengujian II

Pada pengujian ini menggunakan 2 lembar kain lap di setiap rak. Berat dari lap pada masing-masing rak yaitu 400 gr dan kadar air total yang harus diuapkan selama proses pengujian adalah 1920 gr. Seperti halnya perhitungan pada pengujian I menggunakan persamaan

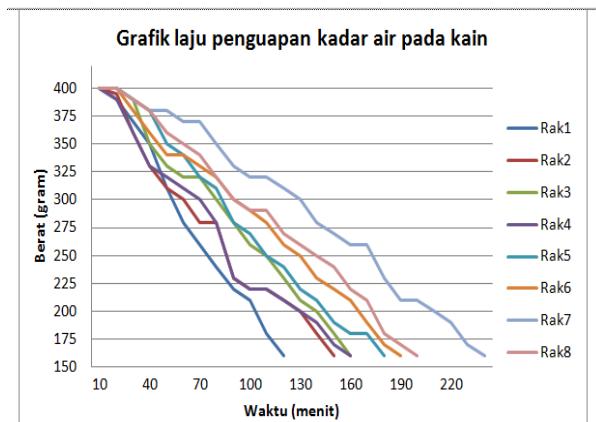
$$m_w = \frac{W_1(m_{C1} - m_{C2})}{100\% - m_{C2}}$$

Kapasitas pengeringan ikan teri didapat sebanyak 4000 gr (4 kg).



Gambar 10. Kain lap basah dua rangkap di ruang pengering

Pada pengujian II diperolehlah data pengujian yang dapat kita lihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik laju penguapan kadar air pada kain lap dua rangkap.

Dari pengujian mendapatkan hasil bahwa waktu pengeringan tercepat adalah pada Rak 1 dengan waktu pengeringan 120 menit sedangkan pengeringan terlama oleh Rak 7 yaitu 240 menit. Pengujian ini berakhir ketika lap di Rak 7 telah kering, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan kadar air total yang harus diuapkan yaitu sebesar 1920 gr memerlukan waktu pengeringan selama 240 menit. Capaian waktu tersebut sebagai acuan untuk mengeringkan kapasitas ikan teri sebanyak 4 kg.

## 3. Pengujian III

Pada pengujian ini menggunakan tiga rangkap kain per rak dan berat basah dari tiga rangkap kain tersebut adalah 500 gr. Sehingga kadar air total yang harus diuapkan selama proses pengujian adalah 2080 gr. Dengan persamaan,

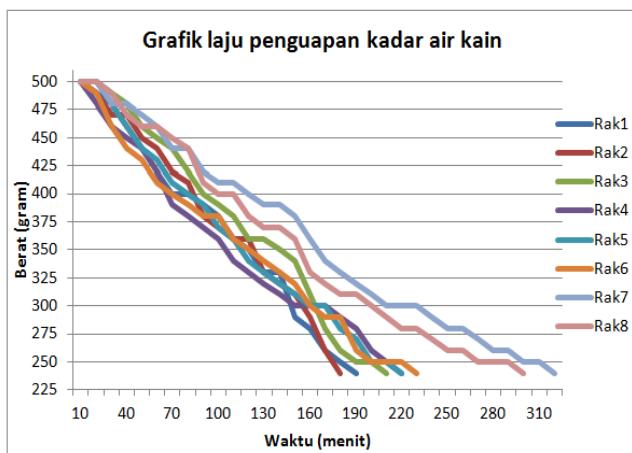
$$m_w = \frac{W_1(m_{C1} - m_{C2})}{100\% - m_{C2}}$$

Maka kapasitas pengeringan ikan teri didapat sebesar 4333 gr (4,3 kg).



Gambar 12. Kain lap basah tiga rangkap di rak ruang pengering.

Dari pengujian III ini mendapatkan hasil yang dapat kita lihat dari grafik laju pengurangan kadar air pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik laju penguapan kadar air kain tiga rangkap

Dari total kadar air yang harus diuapkan sebesar 2080 gr dapat tercapai dalam waktu 320 menit, sehingga dengan waktu yang sama pengeringan dengan kapasitas ikan teri 4333 gr dapat mencapai kadar air akhir.

Pengujian I, Pengujian II, dan Pengujian III laju penguapan

kandungan air tercepat adalah kain pada Rak 1 dan Rak 2. Sedangkan laju penguapan untuk Rak 3 dan Rak 4 waktu yang tercapai tidak terlalu jauh perbedaannya dengan Rak 1 dan Rak 2. Jika dilihat dari pengujian distribusi temperatur setiap rak, pada Rak 1,2,3, dan 4 temperurnya lebih tinggi dibandingkan dengan rak lainnya. Oleh karena itu, pada pengujian proses pengeringan ikan teri digunakan Rak 1,2,3, dan 4. Sedangkan banyaknya ikan teri yang dikeringkan adalah 8000 gr (8 kg). Kadar air yang harus diuapkan dihitung lebih dari 3866 gr (3,87 kg) agar kadar air ikan teri akhir kurang dari 40%.

Pengurangan kapasitas pengeringan dari 20 kg menjadi 8 kg karena mempertimbangkan dari hasil pengujian III dengan kadar air 2080 gr dengan waktu pengeringan selama 320 menit. Apabila dengan teri 8 kg kadar air yang harus diuapkan sebesar 3866 gr akan memakan waktu pengeringan selama  $\pm 595$  menit (10 jam). Untuk mengetahui waktu pengeringan sebenarnya dari proses pengeringan ikan teri pada ruang pengering dapat dilihat pada hasil pengujian selanjutnya.

#### Pengujian Pengeringan Ikan Teri

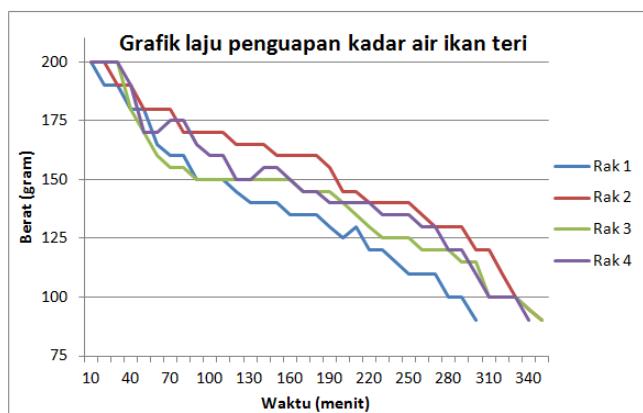
Setelah dilakukan beberapa tahap pengujian dan mendapatkan data-data maka dapat disimpulkan bahwa pada pengujian ini menggunakan ikan teri dengan berat total 8 kg dan dikeringkan menggunakan Rak 1, 2, 3 dan 4. Dari pengujian yang dilakukan mendapatkan data sebagai berikut:

Pada proses pengeringan terjadi dua proses secara simultan yaitu perpindahan panas dari udara ke ikan teri, dimana panas yang berpindah merupakan panas laten yang

mengubah fasa air yang terkandung dalam teri menjadi uap air. Proses yang kedua adalah berpindahnya masa air dari ikan teri ke udara yang disebabkan perubahan fasa air oleh panas laten.

Perpindahan masa air ke udara menaikkan kadar air dari udara sehingga menyebabkan turunnya temperatur yang mengakibatkan perbedaan temperatur yang masuk ruang pengering dengan temperatur yang keluar ( $\Delta T$ ). Dengan kecepatan udara yang masuk ke ruang pengering sebesar 0,3 m/s maka dengan persamaan 2.18 didapat  $m$  kemudian disubtitusikan ke dalam persamaan 2.17.

Pada grafik di Gambar 14, ikan teri yang dikeringkan di Rak 1, dapat kering dengan kadar  $< 40\%$  selama 300 menit. Pada Rak 2 dan Rak 3 kering bersamaan selama 350 menit dan Rak 4 dalam waktu 340 menit. Waktu tercepat diperoleh ikan teri di Rak 1 dengan waktu pengeringan 300 menit. Waktu pengeringan terlama pada Rak 2 dan 3 yaitu selama 350 menit.



Gambar 14. Grafik laju penguapan kadar air ikan teri

Dalam waktu 350 menit (6 jam) ikan teri dengan berat awal 8 kg telah kering dengan berat akhir sebesar 3,8 kg. Kadar air akhir teri total adalah 35%.

### Perhitungan Data

Dari data-data yang telah didapat maka dapat kita hitung energi berguna, energi di setiap rak, serta efisiensi dari ruang pengering menggunakan persamaan-persamaan yang ada.

#### 1. Energi Berguna

Dalam pengeringan membutuhkan energi untuk mengeringkan ikan teri hingga kadar air yang diinginkan. Energi yang masuk ke ruang pengeringan tidak seutuhnya termanfaatkan, maka perlu diketahui berapa besar energi yang termanfaatkan selama proses pengeringan, antara lain:

#### 2. Kadar Air Ikan Teri

Sebelum menghitung energi yang digunakan dalam pengeringan, perlu dilakukan perhitungan-perhitungan kadar air dari ikan teri, yaitu:

##### 1) Berat ikan teri kering ( $W_{tk}$ )

Dari pengujian yang telah dilakukan ikan teri dengan berat awal 8 kg telah kering dengan berat ikan teri kering sebesar 3,8 kg.

##### 2) Berat air ikan teri ( $W_i$ )

Menghitung berat air teri dengan menggunakan persamaan.

$$W_i = W_{tb} - W_{tk}$$

$$8\text{ kg} - 3,8\text{ kg} = 4,2\text{ kg}$$

##### 3) Nilai total kadar air ( $W_f$ )

Nilai total kadar air dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$W_f = W_{tk} \times \text{KadarAir}_{Akhir}$$

$$= 3,8\text{ kg} \times 35\%$$

$$= 1,33\text{ kg}$$

4) Berat air yang menguap ( $W_r$ )

Banyak air yang diuapkan saat pengeringan dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$W_r = W_i - W_f \\ = 4,2 - 1,33 = 2,87 \text{ kg}$$

3. Menghitung Energi Berguna

Energi yang masuk ke ruang pengering tidak seutuhnya termanfaatkan, sebagian energi hilang terbawa keluar dari ruang pengering. Energi yang berguna dalam ruang pengering digunakan dalam beberapa proses,

1) Energi untuk pemanasan teri ( $Q_t$ )

Merupakan panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur ikan teri ke temperatur udara pengering dengan  $c_{p_{Teri}}$  sebesar 3,35kJ/kg.K dihitung dengan:

$$Q_t = W_{tk} \times c_{p_{Teri}} \times (T_d - T_a) \\ = 3,8 \text{ kg} \times 3,35 \text{ kJ/kg.K} \times (326 - 297) \text{ K} \\ = 369,17 \text{ kJ}$$

2) Energi pemanasan kadar air ikan ( $Q_w$ )

Merupakan energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur air yang terkandung pada teri ke temperatur udara pengeringan dihitung dengan,

$$Q_w = W_i \times c_{p_{Air}} \times (T_d - T_a) \\ = 4,2 \text{ kg} \times 4,1855 \text{ kJ/kg.K} \\ \times (326 - 297) \text{ K} \\ = 509,79 \text{ kJ}$$

3) Energi penguapan air teri ( $Q_l$ )

Panas yang dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air pada

teri dihitung dengan,

$$Q_l = W_r \times h_{fg} @ T \\ = 2,87 \text{ kg} \times 2382 \text{ kJ/kg} \\ = 6836,34 \text{ kJ}$$

$$Q_d = Q_t + Q_w + Q_l \\ = 369,17 \text{ kJ} + 509,79 \text{ kJ} + 6836,34 \text{ kJ} \\ = 7715,3 \text{ kJ}$$

4. Efisiensi ruang pengering

Energi yang masuk ke ruang pengering merupakan energi yang dihasilkan oleh sumber panas dari alat pengering. Adapun efisiensi dari ruang pengering merupakan perbandingan antara energi yang digunakan dalam pengeringan dengan energi yang masuk ke ruang pengering. Dalam menghitung efisiensi ruang pengering dapat dilakukan menggunakan persamaan,

$$\eta = \frac{Q_d}{Q_{in}}$$

Dimana, energi aktual yang masuk ke ruang pengering dapat dihitung,

$$Q_{in} = \dot{m} \times C_{p_{Udara}} \times \Delta T$$

Dimana mencari laju aliran masa dengan persamaan,

$$\dot{m} = \rho \times v \times A \\ = 0,052 \text{ kg/s} \\ = (0,052 \text{ kg/s}) \times (1,005 \text{ kJ/kg.K}) \times \\ (325,96 - 315,58)^\circ K \\ = 0,54 \text{ kJ/s}$$

Dengan mengalikan laju energi yang masuk terhadap lama pengeringan, maka didapat jumlah energi yang masuk ke ruang pengering.

$$0,54 \text{ kJ/s} \times (350 \times 60) = 11340 \text{ kJ}$$

Kemudian, nilai efisiensi didapat dengan memasukan hasil perhitungan ke persamaan,

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Q_d}{Q_{in}} \\ &= \frac{7715,3 \text{ kJ}}{11340 \text{ kJ}} \times 100\% \\ &= 68\%\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, nilai efisiensi dari ruang pengering baik yaitu sebesar 68 % diatas 50%. Nilai tersebut dapat naik apabila energi yang ada dalam ruang pengering dapat digunakan seutuhnya dalam pengeringan.

## KESIMPULAN

Pada pengujian ruang pengering digunakan Rak 1, 2, 3 dan 4 untuk proses pengeringan ikan teri yang optimal. Berdasarkan pengujian distribusi temperatur di setiap rak dan pengujian laju penguapan kadar air. Dengan laju energi dari udara panas yang masuk ke ruang pengering sebesar 0.538kW, ruang pengering mampu mengeringkan 8 kg ikan teri dengan waktu 350 menit (6 jam). Efisiensi dari ruang pengering didapat dari perbandingan energi yang termanfaatkan dengan energi yang masuk ke ruang pengering sehingga didapat efisiensi sebesar 68 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. I. Simatupang and D. Maizana, "Rancangan Pengering Ikan Teri Berteknologi Hybrid Untuk Daerah Pesisir Berbasis Arduino," *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 304–311, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce/article/view/14603>
- [2]. R. A. Rahman, D. Rahmalina, A. Suwandi, N. Rachmawati, and A. K. Hubbansyah, "Implementasi teknologi rumah pengering hybrid untuk mendukung proses pengeringan ikan di Desa Terapung, Buton Tengah," *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 1247–1255, 2024. <https://doi.org/10.31949/jb.v5i1.7386>
- [3]. S. Harun, S. R. Sulistiyanti, and H. Herlinawati, "Penerapan Teknologi Mesin Perebus-Pengering Ikan Asin untuk Pemberdayaan UKB Pengolahan Ikan Desa Maja: Unjuk Kerja Mesin untuk Mengeringkan Ikan Teri," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Sakai Sambayan*, vol. 7, no. 3, pp. 163–168, 2023. <https://doi.org/10.23960/jss.v7i3.486>
- [4]. M. S. Reza and M. A. Hossain, "Development and performance assessment of a hybrid solar cabinet dryer for fish drying," *Energy and Thermofluids Engineering*, vol. 3, pp. 29–38, 2024. <https://doi.org/10.38208/ete.v3.758>
- [5]. R. Hanafi, K. Siregar, and D. NurbA, "Modifikasi dan Uji Kinerja Alat Pengering Energi Surya-Hybrid Tipe Rak untuk Pengeringan Ikan Teri," *Rona Teknik Pertanian*, vol. 10, no. 1, pp. 10–20, Apr. 2017. [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/RTP/article/view/7447>. <https://doi.org/10.17969/rtp.v10i1.7447>
- [6]. M. Deef, H. Samy Helal, I. El-Sebaee, M. Nadimi, J. Paliwal, and A. Ibrahim, "Harnessing Solar Energy: A Novel Hybrid Solar Dryer for Efficient Fish Waste Processing," *AgriEngineering*, vol. 5, pp. 2439–2457, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5040150>
- [7]. A. Aljufri, A. Rahman, A. Kamanurandi, and S. I. Sari, "Otomasi Sistem Kontroler

Alat Pengering Ikan Teri (Engket Bileh) Berbasis Hybrid Energy," Jurnal Teknologi, vol. 14, no. 1, pp. 13–18, 2022.	<a href="https://doi.org/10.24853/jurtek.14.1.13-18">https://doi.org/10.24853/jurtek.14.1.13-18</a>	$Nu$ = Bilangan Nusselt	
[8]. S. Suherman, W. Widayat, and S. Silviana, "Evaluasi Perancangan Pengering Surya Hibrid untuk Produk Pertanian dan Pangan," Indonesia Journal of Halal, vol. 5, no. 2, pp. 140–150, Dec. 2022.	<a href="https://doi.org/10.14710/halal.v5i2.16801">https://doi.org/10.14710/halal.v5i2.16801</a>	$P_a$ = Tekanan udara atmosfer	Pa
[9]. W. Warji, R. P. Marreta, T. Tamrin, and E. R. Amien, "Analisis Pengeringan Kencur (Kaempferia galanga L.) Menggunakan Pengering Hybrid Tipe Rak dan Karakteristik Fisik Tepung Kencur yang Dihasilkan," Jurnal Agricultural Biosystem Engineering, vol. 4, no. 1, pp. 76–94, 2025.	<a href="https://doi.org/10.23960/jabe.v4i1.10930">https://doi.org/10.23960/jabe.v4i1.10930</a>	$P_s$ = Tekanan udara jenuh	Pa
[10]. F. Rizki, Syafriandi, and K. Siregar, "Modifikasi Model Rak Alat Pengering Tipe Hybrid pada Pengeringan Ikan Keumamah," Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian (JIM), vol. 5, no. 1, 2020.2014		$P_v$ = Tekanan upa air parsial	Pa
		$Pr$ = Bilangan Prandtl	
		$q$ = Nilai perpindahan panas	W
		$Q$ = Energi pengeringan	kJ
		$R$ = Kostanta gas	kJ/kg.K
		$Re$ = Bilangan Reynolds	
		$RH$ = Kelembaban Relatif	%
		$t_a$ = <i>Ambient</i> temperatur	°C
		$t_{dp}$ = <i>Dew point</i> temperatur	°C
		$t_d$ = <i>Dry temperature</i>	°C
		$T$ = Temperatur	°C
		$v$ = Kecepatan aliran	m/s
		$V$ = Volume	m <sup>3</sup>
		$w_1$ = Berat air teri	kg
		$W_f$ = Berat air teri total	kg
		$W_r$ = Berat air teri yang diuapkan	kg
		$W_{lb}$ = Berat teri basah	kg
		$W_{lk}$ = Berat teri kering	kg
		$W$ = Rasio kelembaban udara	
		<b>Huruf Latin</b>	
		$\eta$ = Effisiensi teoritis	%
		$\phi$ = Kelembaban Relatif	%
		$\rho$ = Densitas	kg/m <sup>3</sup>
		$\mu$ = Viskositas dinamik fluida atau gas	kg/m.s
		<b>Subscript</b>	
		$a$ = <i>Dry air</i> (udara kering)	
		$f$ = Fluida	
		$in$ = <i>Inlet</i> (masukan)	
		$out$ = <i>Outlet</i> (luaran)	
		$wv$ = <i>Water vapour</i> (uap air)	
		$1$ = <i>Initial state</i> (kondisi awal)	
		$2$ = <i>Final state</i> (kondisi akhir)	
		$\infty$ = Kondisi lingkungan	

**DAFTAR SIMBOL**

$A$ = Luas penampang	m <sup>2</sup>
$C$ = Konstanta bilangan Nusselt	
$c_p$ = Kalor spesifik	kJ/kgK
$h$ = Koefisien perpindahan panas konveksi	W/m <sup>2</sup> K
$k$ = Konduktifitas termal	W/mK
$L$ = Panjang daerah perpindahan panas	m
$mc$ = kadar air	%
$m_a$ = Berat udara kering	kg
$m_v$ = Berat kandungan air	kg
$m_w$ = Berat air	kg
$\dot{m}$ = <i>Mass flow</i> udara kering	kg/s



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).