

## Desain dan Analisis Ruang Pengering Ikan Tenggiri Kapasitas 100 Kg.

Akmal Barry \*), Yogi Sirodz Gaos \*\*), Eka Maulana\*\*\*)  
Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta  
Email: [akmalbarry@gmail.com](mailto:akmalbarry@gmail.com), [yogisirodz@gmail.com](mailto:yogisirodz@gmail.com), [ekamaulana@gmail.com](mailto:ekamaulana@gmail.com)

### ABSTRAK

Teknik pengeringan memegang peran yang sangat penting untuk menentukan kualitas dan kontinuitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis desain dari ruang pengering ikan tenggiri sebanyak 100 kg dengan memanfaatkan sumber panas gas buang yang dihasilkan PLTD, sehingga diharapkan terjadinya penurunan kadar air pada ikan tenggiri yang semula 70% menjadi 10%.

Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan metode pengumpulan data teknis dan juga perhitungan analisis dan design ruang pengering berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ikan 100 kg sehingga dapat menurunkan kadar air 70% menjadi 10%. Laju pengeringan secara konveksi yang optimal di peroleh untuk kecepatan 2,5 m/s, dengan suhu ruang pengering 60°C sehingga mendapatkan waktu pengeringan tercepat 6.17 jam. Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan termal yang dibutuhkan dari ruang pemanas sehingga panas yang diperoleh sesuai dengan yang dibutuhkan pada alat pengering ikan tenggiri dengan kapasitas 100 kg.

Dari penelitian ini diperoleh parameter nilai panas total yang dibutuhkan dialat pengering ikan, laju aliran massa udara pada ruang pengering, dan laju penurunan kadar air terhadap waktu pada ikan tenggiri. Berdasarkan hasil penelitian dan pengkajian terhadap analisis dan desain dari alat ruang pengering ikan tenggiri dengan kapasitas 100 kg untuk mengeringkan ikan tenggiri dari kadar air 70% turun menjadi 10% diperlukan kalor sebesar 157.544,4 kJ dan proses pengeringan berlangsung selama 9 jam.

**Kata kunci** : suhu, kecepatan, kadar air, waktu, CFD.

### ABSTRACT

*Study aims to examine and analyze the design of the drying chamber as much as 100 kg of tenggiri by using exhaust gas heat source produced diesel. So expect a decrease in water content of tenggiri which was originally 70 % to 10 %.*

*In this study the technical approach to data collection methods as well as analysis and design calculations based on the calculation of the drying chamber capacity of 100 kg of fish that can reduce the water content of 70 % to 10 %. Convection drying rate is obtained for the optimal speed of 2,5 m/s, with a temperature of 60° C the drying chamber to get the fastest drying time of 6,17 hours. The calculation is performed is the calculation of the required thermal heating of the chamber so that heat is obtained as required in the dryer with a capacity of 100 kg tenggiri.*

*From this study, the parameters of the total heat value needed to be dialed by the fish dryer, the air mass flow rate in the drying chamber, and the rate of decrease in water content against the time in mackerel fish. Based on the results of the research and assessment of the analysis and design of a 100 kg mackerel drying chamber with a capacity of 100 kg to dry mackerel fish from a 70% moisture content down to 10%, a heat of 157,544.4 kJ was needed and the drying process lasted 9 hours.*

**Keywords** : temperature, velocity, water content, time, CFD.

### I. PENDAHULUAN

Sebagai negara yang memiliki banyak pulau, negara Indonesia memiliki sungai-sungai yang luas dan panjang, berarti menghasilkan banyak ikan sungai yang beraneka ragam. Ikan merupakan bahan makanan yang banyak dikonsumsi masyarakat, ikan banyak disukai

karena manfaat untuk kesehatan tubuh yang mempunyai kandungan protein yang tinggi dan kandungan lemak yang lebih rendah dibanding sumber protein yang lain[1]. Namun ikan cepat membusuk karena adanya bakteri dan enzyme jika di biarkan begitu saja tanpa proses pengawetan[2].

Metode umum yang kebanyakan masih di pakai oleh petani di negara tropis untuk mengawetkan hasil tangkapan ikan mereka dengan menggunakan pengeringan secara langsung terkena sinar matahari (*open sun drying*)[3]. Dikarenakan metode ini sangat sederhana dan murah sekali. Metode ini membutuhkan hampir tanpa investasi. Dengan kata lain kualitas produk yang yang di keringkan sangat miskin dan sebagai hasil produk dalam banyak kasus telah menjadikan harga penjualan menjadi merosot. Kontaminasi benda-benda asing dan gangguan serangga terjadi sebaik mutu pengeringan tak rata jenis pengeringan sinar matahari langsung[4]. Selama musim penghujan hasil panen tidak dapat di keringkan untuk mencapai kandungan uap air untuk penyimpanan yang aman selama kelembapan relatif tinggi dari udara ambient dalam kombinasi sepanjang periode pengeringan yang tidak cukup[5].

Di daerah Kabupaten Tanah Bumbu tepatnya d kecamatan Pagatan sekitar kurang lebih 250 KM dari kota Banjarmasin adalah penghasil ikan laut terbesar di Kalimantan Selatan. Pengeringan tradisional ini memerlukan tempat yang luas karena ikan yang di keringkan tidak bisa di tumpuk saat di jemur. Pada saat udara luar terlalu kering dan panas, pengeringan dapat terjadi sehingga terjadi *case hardening* (permukaan daging ikan mengeras) dan banyak memerlukan tenaga kerja[6]. Agar para pelaku yang berkecimpung dalam proses produksi ikan kering dapat mengatasi kendala cuaca dengan tetap menghasilkan produksi yang optimal maka, pengadaan mesin pengering yang bisa diandalkan menjadi suatu hal yang penting. Dalam rangka memberikan kontribusi terhadap upaya pengadaan atau penyediaan mesin-mesin pengering yang dibutuhkan oleh para petani ikan tersebut maka kegiatan penelitian perekayasa mesin pengeirng ikan khususnya bagi ikan tenggiri berkapasitas kecil akan dilakukan[7]. Tujuan utamanya adalah, selain mempelajari rancangan yang optimal bagi ruang pengering ikan, tetapi juga untuk empelajari seberapa besar pengaruh variabel-variabel perancangan terhadap hasil desain[8].

Proses tradisional masih membutuhkan waktu yang relatif lama untuk proses pengeringan ikan. Pada proses tradisional kurang

memperhatikan aspek kesehatan. Dari hasil proses tradisional masih terdapat ikan yang belum kering sepenuhnya, hal ini disebabkan sifat dari ikan itu sendiri yang mengandung banyak kadar air[9].

Berdasarkan kapasitas ikan yang ditangkap dalam satu kelompok nelayan ikan maka tipe pengering ikan yang dipilih dalam penelitian ini adalah tipe rak[10]. Dari beberapa permasalahan yang teridentifikasi maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan rancangan alat pengering yang cocok untuk hasil ikan dengan memperhatikan beberapa variabel-variabel[11]. Besar kebutuhan energi yang diperlukan untuk pengeringan ikan dari kondisi basah dengan kadar air 70% sampai kadar air 10–14 %. Waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pengeringan. Konfigurasi perpindahan panas dan laju aliran fluida dalam desain ruang pengering. Distribusi temperatur dalam ruang pengering ikan.

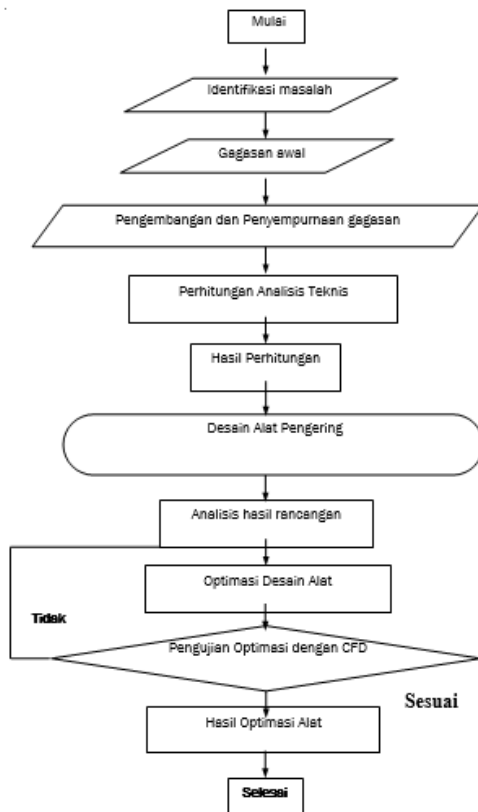
## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Kabupaten Tanah Bumbu dimulai pada bulan Agustus 2011 – Januari 2012. Aktivitas penelitian dimulai dengan mencatat data studi lapangan yaitu temperatur udara dan RH (kelembaban) udara dan data-data studi literatur untuk digunakan dalam analisis perhitungan teknis alat pengering ikan serta melakukan perancangan desain alat pengering ikan sesuai dengan yang dibutuhkan yaitu berkapasitas 100 kg.

Didalam penelitian ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Merancang mekanisme yang sesuai untuk mesin pengering ikan. Mendesain ruang pengering ikan dengan kapasitas yang diinginkan dengan kandungan kadar air tertentu. Menentukan energi yang di butuhkan oleh ruang pengering ikan.

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, survei lapangan dan pembuatan model yang akan disimulasikan dalam software CFD. Tipe pengering yang akan diteliti adalah tipe rak berputar dengan parameter desain yang akan mempengaruhi efisiensi alat pengering, yaitu kandungan air yang ada pada ikan berdasarkan

volume pada saat dikeringkan, kapasitas ruang pengering, dan lama waktu pengeringan.

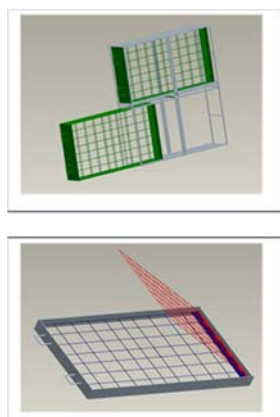


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

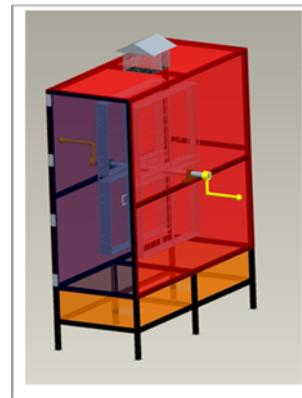
Pada gambar.1 diatas menunjukkan diagram alir yang digunakan di dalam penelitian ini.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain dari rak dan alat pengering ikan, seperti ditunjukkan pada gambar.2 dan gambar.3 dibawah ini.



Gambar 2. Desain rak alat pengering ikan.



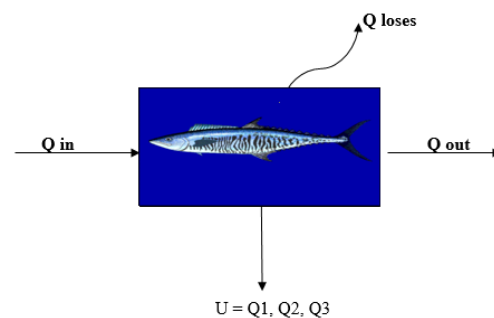
Gambar 3. Desain alat pengering ikan.

Dalam analisa teknis alat pengering ikan dilakukan analisis sistem perpindahan panas yang terjadi di dalam alat pengering ikan, seperti ditunjukkan pada gambar.4 dibawah ini.



Gambar 4. Sistem perpindahan panas yang terjadi pada alat pengering ikan.

Keseimbangan Energi pada proses pengering ikan dapat dilihat pada gambar.5 dibawah ini.



Gambar 5. Keseimbangan energi pada proses pengeringan ikan.

Energi yang dilepas = Energi yang diterima

$$Q_{in} = U + Q_{out} + Q_{loses}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan kebutuhan kalor untuk menguapkan kadar air dalam 100 kg, dengan rugi – rugi pada aliran udara sebesar 10 % maka  $Q_{in}$  yang dibutuhkan sebagai berikut :

$$Q_{in} = 1,1 \times Q_{total}$$

$Q_{in} = 1,1 \times 143.222,22 \text{ kJ}$

$Q_{in} = 157.544,442 \text{ kJ}$

Perhitungan kebutuhan kalor untuk mengeringkan ikan dengan waktu (detik) sebagai berikut :

$Q^1_{in} = 157.544,442 \text{ kJ} / 3600 \text{ detik} \times 9 \text{ jam}$

$Q^1_{in} = 4682 \text{ J/s}$

Hasil perhitungan laju aliran massa udara yang dibutuhkan untuk proses pengeringan disajikan pada tabel.1 dibawah ini.

Tabel 1. Tabel perhitungan  $\dot{m}_{ud}$  pada temperatur 50, 55, 60 °C.

T (°C)	Cp (kJ/kg.K)	Q <sup>in</sup> (kJ/s)	$\dot{m}_{ud}$ (kg/s)
50	1.007	43.762	0.178
55	1.007	43.762	0.178
60	1.008	43.762	0.178

Hasil perhitungan kecepatan aliran udara dalam ruang pengering pada T=50°C, disajikan pada tabel.2 berikut.

Tabel 2. Tabel perhitungan kecepatan aliran udara pada temperatur 50, 55, 60 °C .

T (°C)	$\dot{m}_{ud}$ (kg/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m/s)
50	0,178	1,92	1,093	0,069
55	0,178	1,92	1,076	0,070
60	0,178	1,92	1,059	0,071

Hasil perhitungan bilangan Reynold pada T=50°C, disajikan pada tabel.3 dibawah ini.

Tabel 3. Tabel perhitungan bilangan Reynold pada temperatur 50, 55, 60 °C .

T (°C)	$\dot{m}_{ud}$ (kg/s)	L (m)	U (Pa.s)	Re
50	0,178	1,6	0,000047	9862,762
55	0,178	1,6	0,000046	10077,170
60	0,178	1,6	0,000045	10290,888

Hasil perhitungan bilangan Nusselt pada T=50°C, disajikan pada tabel.4 dibawah ini.

Tabel 4. Tabel perhitungan bilangan Nusselt pada temperatur 50, 55, 60 °C .

T (°C)	Re	Pr	Nu
50	9862,762	0,71	55,406
55	10077,170	0,71	59,471
60	10290,888	0,71	60,099

Hasil perhitungan koefisien perpindahan kalor konveksi (h), disajikan pada tabel.5berikut.

Tabel 5. Tabel perhitungan koefisien perpindahan panas konveksi (h) pada temperatur 50, 55, 60 °C .

T (°C)	Nu	k W/(m.K)	b (m)	h W/(m <sup>2</sup> .K)
50	55,406	0,028	1,2	2,48
55	59,471	0,028	1,2	2,66
60	60,099	0,028	1,2	2,69

Hasil perhitungan Drop P, disajikan pada tabel.6dibawah ini.

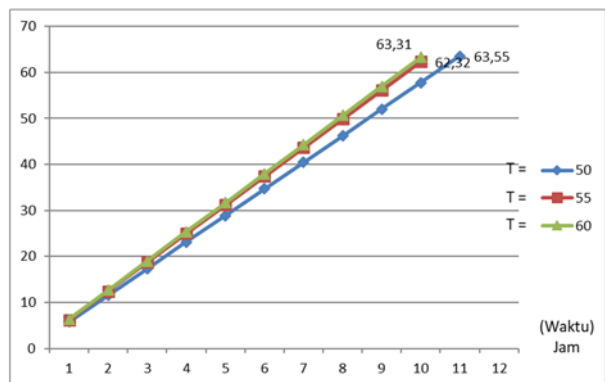
Tabel 6. Tabel perhitungan Drop P pada temperatur 50, 55, 60 °C .

T (°C)	A (m <sup>2</sup> )	F	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	L (m)	b (m)	P	H/g (kJ/kg)
50	5	0,0070	9,81	1,093	1,6	1,2	1,095	2382,1
55	5	0,0069	9,81	1,076	1,6	1,2	1,113	2370,1
60	5	0,0068	9,81	1,059	1,6	1,2	1,130	2357,9

Hasil perhitungan komulatif laju penurunan kadar air dalam ikan, disajikan pada tabel.7 dan grafik pada gambar.6dibawah ini.

Tabel 7. Tabel perhitungan waktu lama pengeringan.

Waktu Pengeringan (n)	Mk			Kadar yang dihilangkan	Lama Pengeringan (jam)		
	50°C	55°C	60°C		50°C	55°C	60°C
1	5,78	6,23	6,33	60 kg			
2	11,55	12,46	12,66				
3	17,33	18,70	18,99				
4	23,11	24,93	25,32				
5	28,88	31,16	31,65				
6	34,66	37,39	37,98				
7	40,44	43,63	44,31				
8	46,22	49,86	50,64				
9	51,99	56,09	56,97			9,85	9,00
10	57,77	62,32	63,31			10,04	
11	63,55						

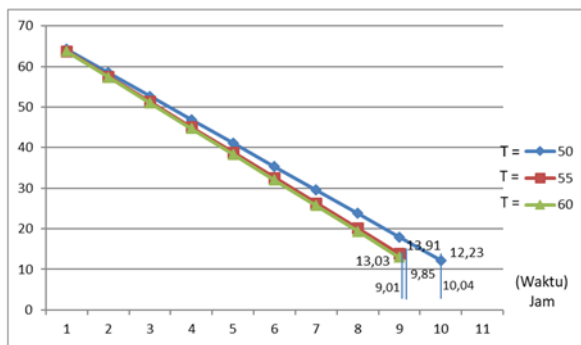


Gambar 6. Grafik komulatif laju penurunan kadar air dalam ikan.

Hasil perhitungan penurunan kadar air dalam ikan terhadap waktu pengeringan, disajikan pada tabel.8 dan grafik pada gambar.7berikut.

Tabel 8. Tabel penurunan kadar air dalam ikan.

Waktu Pengeringan	Mp		
	50 C	55 C	60 C
1	64,22%	63,77%	63,67%
2	58,45%	57,54%	57,34%
3	52,67%	51,30%	51,01%
4	46,89%	45,07%	44,68%
5	41,12%	38,84%	38,35%
6	35,34%	32,61%	32,02%
7	29,56%	26,37%	25,69%
8	23,78%	20,14%	19,36%
9	18,01%	13,91%	13,03%
10	12,23%	7,68%	6,69%
11	6,45%		
12			



Gambar 7. Grafik prosentase penurunan kadar air dalam ikan.

Hasil perhitungan  $\dot{m}_{ud}$  pada  $T=60^{\circ}C$ , disajikan pada tabel.9 dibawah ini.

Tabel 9. Tabel perhitungan  $\dot{m}_{ud}$  Pada  $T = 60^{\circ}C$ , dan  $V_1 = 1m/s, V_2 = 2.0m/s, V_3 = 2.5m/s$ , dan  $\rho = 1,059kg/m^3$ .

T (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	V (m/s)	$\dot{m}_{ud}$ (kg/dt)
60	1,059	1,92	1	3,049
60	1,059	1,92	2,0	4,066
60	1,059	1,92	2,5	5,083

Hasil perhitungan bilangan Reynold pada  $T=60^{\circ}C$ , disajikan pada tabel.10 dibawah ini.

Tabel 10. Tabel perhitungan bilangan Reynold Pada  $T = 60^{\circ}C$ , dan  $V_1 = 1m/s, V_2 = 2.0m/s, V_3 = 2.5m/s$ .

T (°C)	$\dot{m}_{ud}$ (kg/dt)	L (m)	u (Pa.s)	Re
60	3,049	1,6	0,000045	216.883,2
60	4,066	1,6	0,000045	289.177,6
60	5,083	1,6	0,000045	361.472,0

Hasil perhitungan bilangan Nusselt pada  $T=60^{\circ}C$ , disajikan pada tabel.11 dibawah ini.

Tabel 11. Tabel perhitungan bilangan Nusselt Pada  $T = 60^{\circ}C$ , dan  $V_1 = 1m/s, V_2 = 2.0m/s, V_3 = 2.5m/s$ .

T (°C)	Re	Pr	Nu
60	216.883,2	0,71	275,899
60	289.177,6	0,71	318,581
60	361.472,0	0,71	356,184

Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas konveksi (h) pada  $T=60^{\circ}C$ , disajikan pada tabel.12 dibawah ini.

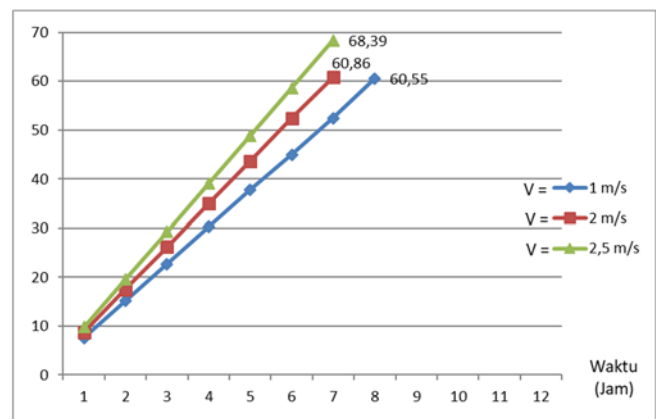
Tabel 12. Tabel perhitungan koefisien perpindahan panas (h) Pada  $T = 60^{\circ}C$ , dan  $V_1 = 1m/s, V_2 = 2.0m/s, V_3 = 2.5m/s$ .

T (°C)	Nu	K W/(m.K)	b (m)	h W/(m <sup>2</sup> .K)
60	275,899	0,028	1,2	3,218
60	318,581	0,028	1,2	3,716
60	356,184	0,028	1,2	4,155

Hasil perhitungan Komulatif Laju Penurunan Kadar Air Dalam Ikan  $T = 60^{\circ}C$ , dan  $V_1 = 1m/s, V_2 = 2,0m/s, V_3 = 2,5m/s$ , disajikan pada tabel.13 dan grafik pada gambar.8 berikut.

Tabel 13. Tabel perhitungan waktu lama pengeringan  $T = 60^{\circ}C, V_1 = 1m/s, V_2 = 2,0m/s, V_3 = 2,5m/s$ .

Waktu Pengeringan (n)	Mk			Kadar yang dihilangkan	Lama Pengeringan (jam)		
	1 m/s	2 m/s	2,5 m/s		60°C	60°C	60°C
1	7,57	8,74	9,77	60 kg			
2	15,14	17,48	19,54				
3	22,70	26,22	29,31				
4	30,27	34,96	39,08				
5	37,84	43,70	48,85				
6	44,95	52,43	58,62			6,91	6,17
7	52,44	60,86	68,39			7,11	
8	60,55						

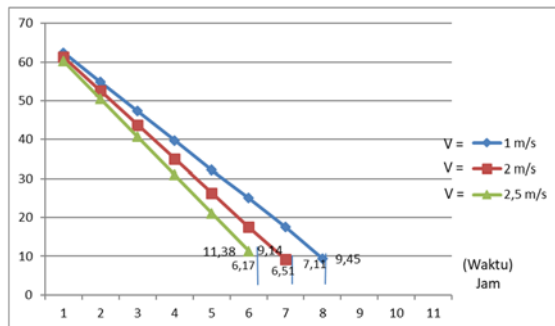


Gambar 8. Grafik komulatif laju penurunan kadar air dalam ikan  $T = 60^{\circ}C, V_1 = 1m/s, V_2 = 2,0m/s, V_3 = 2,5m/s$ .

Hasil perhitungan penurunan kadar air dalam ikan terhadap waktu pengeringan  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan  $V_1 = 1\text{ m/s}$ ,  $V_2 = 2,0\text{ m/s}$ ,  $V_3 = 2,5\text{ m/s}$ , disajikan pada tabel.14 dan grafik pada gambar.9 dibawah ini.

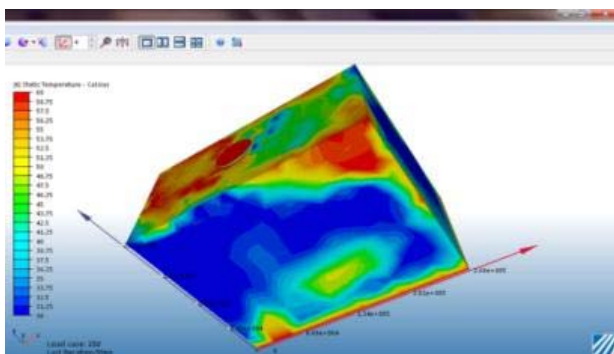
Tabel 14. Tabel penurunan kadar air dalam ikan  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_1 = 1\text{ m/s}$ ,  $V_2 = 2,0\text{ m/s}$ ,  $V_3 = 2,5\text{ m/s}$ .

Waktu Pengeringan	Mp		
	$V_1 = 1\text{ m/s}$	$V_2 = 2,0\text{ m/s}$	$V_3 = 2,5\text{ m/s}$
1	62,43%	61,26%	60,23%
2	54,86%	52,52%	50,46%
3	47,30%	43,78%	40,69%
4	39,73%	35,04%	30,92%
5	32,16%	26,30%	21,15%
6	25,05%	17,57%	11,38%
7	17,56%	9,14%	
8	9,45%		

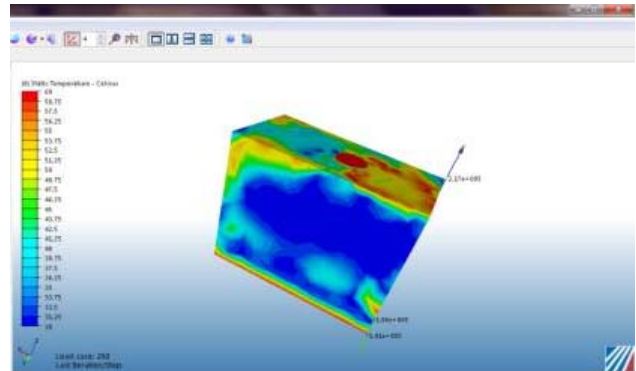


Gambar 9. Grafik prosentase penurunan kadar air dalam ikan.

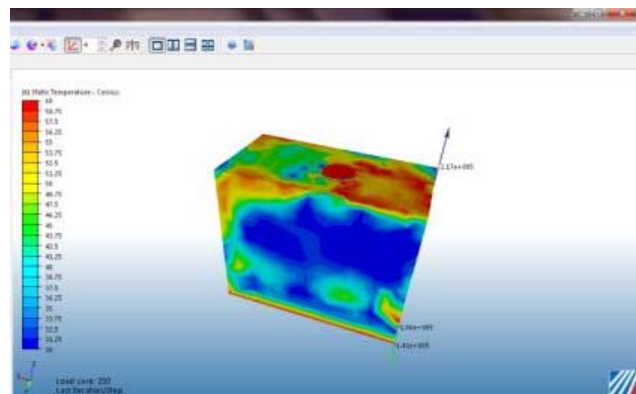
Berdasarkan optimasi dari parameter suhu dengan dengan udara  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_1 = 1\text{ m/s}$ ,  $V_2 = 2,0\text{ m/s}$ ,  $V_3 = 2,5\text{ m/s}$ , diperoleh hasil pada  $V_3 = 2,5\text{ m/s}$  dengan penurunan kadar air yang paling Optimal yaitu pada jam ke 6. Hasil simulasi CFD dengan  $T\text{ konstan} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan kecepatan udara  $V_1 = 1\text{ m/s}$ ,  $V_2 = 2,0\text{ m/s}$ ,  $V_3 = 2,5\text{ m/s}$ , seperti ditampilkan oleh gambar.10, gambar.11, dan gambar.12 dibawah ini.



Gambar 10. Simulasi ruang pengering  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $V = 1\text{ m/s}$ .



Gambar 11. Simulasi Ruang Pengering  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $V = 2,5\text{ m/s}$ .



Gambar 12. Simulasi Ruang Pengering  $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $V = 2,5\text{ m/s}$

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengkajian terhadap analisis dan desain dari alat ruang pengering ikan tenggiri dengan kapasitas 100 kg untuk mengeringkan ikan tenggiri dari kadar air 70% turun menjadi 10% diperlukan kalor sebesar 157.544,4 kJ dan proses pengeringan berlangsung selama 9 jam.

Hasil optimasi tahap pertama dengan parameter bebas dimana Temperatur aliaran udara di variasiakan dengan tiga harga yang berbeda-beda yaitu,  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  diperoleh waktu pengeringan sebagai berikut:

- Dengan temperatur udara  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , didapat waktu pengeringan 10,04 Jam.
- Dengan temperatur udara  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , didapat waktu pengeringan 8,45 Jam.

- c. Dengan temperatur udara 60°C, didapat waktu pengeringan 9,00 Jam.

Hasil optimasi tahap kedua dengan parameter bebas kecepatan aliran udara yang ditetapkan pada tiga harga yang berbeda-beda yaitu, 1<sup>m/s</sup>, 2,0<sup>m/s</sup>, 2,5<sup>m/s</sup>, dan T = 60°C, diperoleh waktu pengeringan sebagai berikut:

- a. Dengan temperatur 60°C, laju aliran 1<sup>m/s</sup>, didapat waktu pengeringan 7,11 Jam.  
 b. Dengan temperatur 60°C, laju aliran 2,0<sup>m/s</sup>, didapat waktu pengeringan 6,41 Jam.  
 c. Dengan temperatur 60°C, laju aliran 2,5<sup>m/s</sup>, didapat waktu pengeringan 6,11 Jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Departemen Teknik Kimia, "Panduan Pelaksanaan Laboratorium Modul 2.02 Pengeringan," [Online]. Available: <http://www.che.itb.ac.id>.
- [2] W. F. Stoecker and J. W. Jones, *Refrigeration and Air Conditioning*, McGraw-Hill, Inc., 1982.
- [3] I. Bizzy and E. Saputra, "Pengeringan Produk Ubi Kayu Dengan Alat Penukar Kalor Bersirip," *Jurnal Teknik Mesin Inderalaya Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*, 2000.
- [4] W. Arismunandar, *Teknologi Rekayasa Surya*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1995.
- [5] Ismail and Thamrin, "Rancang Bangun Alat Pengering Ubi Kayu Tipe Rak Dengan Memanfaatkan Energi Surya," in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*, Palembang, 2010.
- [6] P. Kristanto and J. Laeyadi, "Kolektor Surya Prismatik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 22-28, 2000.
- [7] F. P. Incropera and D. P. De Witt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4th Edition, John Wiley & Sons, 1996.
- [8] A. Burhanuddin, "Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Jarak Penutup dan Sudut Kemiringan Kolektor," *Universitas Negeri Semarang*, 1993.
- [9] H. Djojodihardjo, *Dasar-dasar Termodinamika Teknik*, Jakarta: PT. Gramedia, 1985.
- [10] M. Syahri, "Rancang Bangun Sistem Desalinasi Energi Surya Menggunakan Absorber Bentuk Separa Elip Melintang," in *Prosiding Seminar Teknik Kimia Kejuangan*, Yogyakarta, 2011.
- [11] D. Wulandari and L. O. Nelwan, "Rancang Bangun Kolektor Surya Tipe Plat Datar dan Konsentrator Surya Untuk Penghasil Panas Pada Pengering Produk-Produk Pertanian," in *Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB*, Bogor, 2009.
- [12] I. Rahardjo and I. Fitriana, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia," in *Seminar Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batu Bara Skala Kecil, PLN, dan Energi Terbarukan*, 2002.