

**ANALISA MATEMATIS DISTRIBUSI TEMPERATUR DENGAN VARIASI  
SUDUT ATAP PADA LEMARI PENGASAP IKAN**

**MATHEMATICAL ANALYSIS FOR TEMPERATURE DISTRIBUTION OF ROOF  
ANGLE VARIATION ON THE FISH SMOKING CABINET**

**Setyawan Dwi Nugroho<sup>1\*</sup>, A. Marsha Alviani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo,  
Sidoarjo

\*Email: [setya12n@gmail.com](mailto:setya12n@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The purposes of this research were to determine the temperature at each point of the fish smoking cabinet system and to design the fish smoking cabinet based on SNI 2725.1.2009. In this study, three variations of smoking cabinet roof 15°, 45°, and 60° was used without load. The environmental and room temperature that used were 31°C and 470°C. The temperature distribution and smoke velocity in the fish smoking cabinet with different roof angle 15°, 45°, and 60° were 46°C and 1.2 m / s, 49°C and 1.1 m/s, 64°C and 0.7 m / s, respectively. Furthermore, in this study was used definite difference technique method with the completion of numerical analysis by dividing the smoker room into 12 nodes (T1 to T12). The temperature distribution for each roof angle 15°, 45°, and 60° were 40.72°C to 264.65°C, 38.92°C to 264.45°C and 38.36°C to 264.05°C. Based on the calculation, it could be concluded that the greater angle of the fish smoking cabinet had a low temperature. The temperature distribution in the fish smoking chamber was vertically. The highest temperature distribution in the fish smoking chamber was in the middle of chamber.*

**Keywords** : Smoking cabinet, Boundary Layer

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur disetiap titik ruang pengasap pada lemari pengasap ikan sehingga dapat dilakukan rancang bangun lemari pengasap ikan sesuai dengan kebutuhan standar pengasapan ikan yaitu SNI 2725.1.2009. Dalam penelitian ini dilakukan 3 (tiga) variasi sudut atap lemari pengasap ikan yaitu 15°, 45° dan 60° dengan pengambilan data tanpa beban antara lain temperatur lingkungan 31°C, temperature ruang bakar 470°C. Pada lemari pengasap ikan dengan sudut atap 15°, 45° dan 60° secara berurutan didapatkan temperatur pada atap lemari pengasap ikan dan kecepatan gas asap adalah 46°C dan 1,2 m/s , 49°C dan 1,1 m/s, serta 64°C dan 0,7 m/s. Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan perhitungan dengan metode definite-difference technique dengan penyelesaian analisis numerik, membagi ruang pengasap ikan menjadi 12 node (T1 sd T12) maka nilai ruang pengasap ikan dengan sudut atap 15°, 45°C dan 60°C adalah 40,72°C s/d 264,65°C, dan 38,92°C s/d 264,45°C serta 38,36°C s/d 264,05°C. Lemari pengasap ikan dengan sudut atap berbeda dengan perhitungan yang dihasilkan maka disimpulkan bahwa semakin besar sudut atap lemari pengasap ikan maka temperature didalam ruang pengasap semakin kecil. Distribusi temperatur didalam ruang pengasap ikan secara vertical pada bagian tengah menunjukkan temperatur lebih tinggi dibandingkan pada bagian yang mendekati lapis batas secara vertical

**Kata kunci** : lemari pengasap, distribusi, lapis batas

## 1. PENDAHULUAN

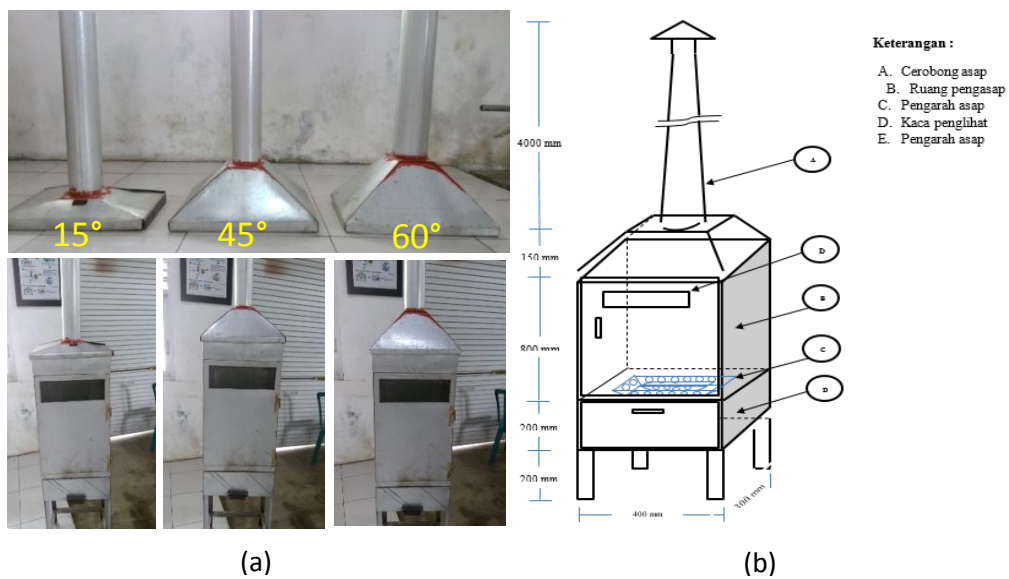
Ikan asap merupakan salah satu produk pengolahan perikanan yang digemari oleh masyarakat. Ikan asap memiliki rasa yang khas, aroma yang sedap dan memiliki keawetan yang lebih dibandingkan dengan ikan tanpa di asap. Ciri khas ikan asap yang baik adalah warna produk coklat muda dan mengkilat, bau, dan rasa dari ikan memberikan bau asap yang sedap serta merangsang selera (Tri Margono et al., 2000). Proses pengasapan ikan menggunakan teknik penggabungan dari penggaraman atau pemberian bumbu, pengeringan, dan pengasapan pada ikan. Dengan penggaraman rasa daging ikan menjadi lebih enak dan awet. Pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air dan mendapatkan tekstur yang baik sehingga mengakibatkan terhambatnya aktivitas mikroorganisme.

Ikan asap diolah menggunakan tungku atau lemari pengasapan ikan baik tradisional maupun modern sebagai pembangkit energi panas yang diperoleh dari bahan bakar. Beban panas tungku atau lemari pengasap ikan merupakan laju pengumpanan dari nilai panas perluasan dan volumetriknya. Permasalahan yang sering dihadapi oleh masyarakat pengasap ikan adalah kualitas hasil ikan asap yang tidak seragam. Ini merupakan akibat dari proses pengasapan ikan yang kurang tepat yaitu kurang memperhatikan kebutuhan temperatur dalam ruang asap dan laju pengumpanan bahan bakar serta tidak terdistribusinya gas asap secara merata di dalam ruang asap (Nawawi dkk, 2008).

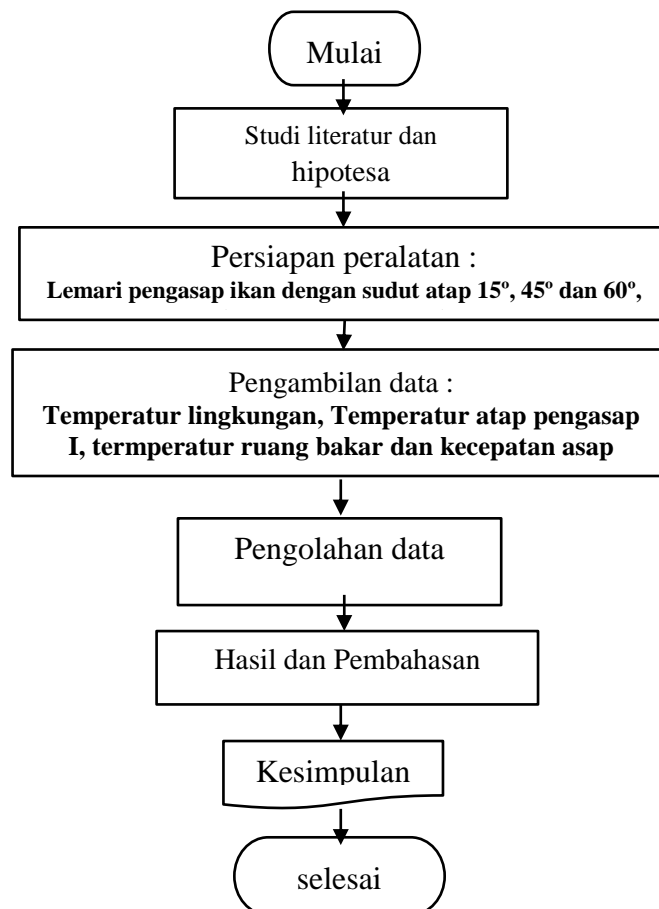
Hal tersebut yang mendasari peneliti melakukan penelitian variasi desain lemari pengasap ikan sehingga dapat diketahui distribusi panas dalam lemari pengasap ikan dan menghasilkan kualitas hasil asapan ikan sesuai dengan standar SNI. 2736.1.2009 tentang ikan asap.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada rentan waktu Juli s/d oktober 2020 mulai dari tahap studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, penyusunan laporan. Tempat penelitian dilakukan di Tefa Mekanisasi Perikanan dan Tefa tradisional, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Jenis penelitian eksperimen dengan pengambilan data dan perhitungan secara matematis yang dilakukan adalah mengetahui distribusi temperatur pada ruang pengasap ikan dengan dibagi menjadi 12 node (T1 s/d T12) Variabel bebasnya adalah sudut atap lemari pengasap ikan yaitu 15°, 45° dan 60° dengan variabel terikatnya adalah distribusi temperatur pada 12 node pada ruang pengasap ikan. Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah lemari pengasap ikan dengan variasi sudut atap lemari pengasap 15°, 45° dan 60° seperti pada gambar 1. Dimana dalam pengambilan data dilakukan dengan menggunakan termo gun untuk mengukur temperature lingkungan, temperatur ruang bakar dan temperature pada atap lemari pengasap. Selain itu anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan gas asap pada cerobong lemari pengasap ikan. Adapun data yang diambil pada penelitian ini berfungsi untuk menghitung distribusi temperatur di setiap node pada ruang pengasap ikan dengan menggunakan metode perhitungan definite-difference technique dengan penyelesaian analisis numerik, alat pengasap ikan dengan variasi sudut atap lemari pengasap ikan 15°, 45° dan 60° seperti pada gambar 1 dengan Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



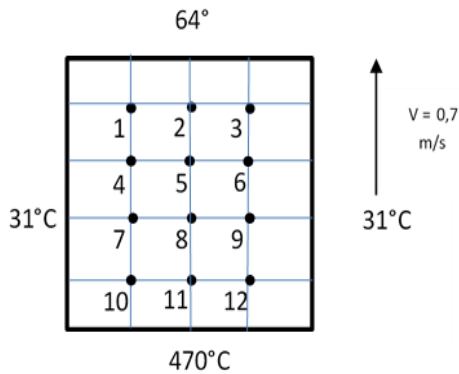
Gambar 1. Lemari Pengasap Ikan (a) beberapa jenis variasi tutup atas lemari pengasap 15°, 45°, dan 60° dan (b) ukuran dari alat pengasap



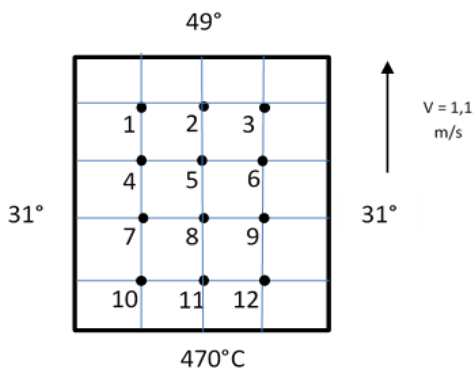
gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

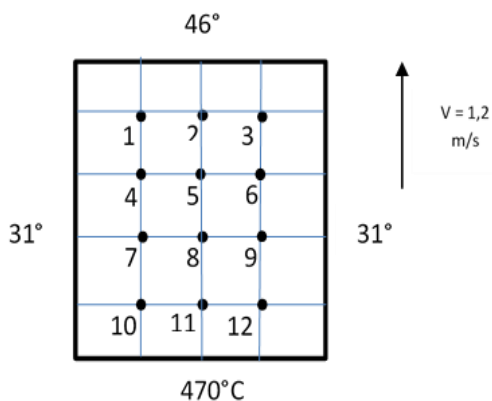
Dari hasil pengambilan data penelitian untuk lemari pengasap ikan dengan sudut atap lemari yang berbeda maka data yang didapatkan pada sudut atap 15°, 45° dan 60° seperti terlihat pada gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Ruang pengasap ikan dengan sudut atap lemari pengasap ikan 15°



Gambar 4. Ruang pengasap ikan dengan sudut atap lemari pengasap ikan 45°



Gambar 5. Ruang pengasap ikan dengan sudut atap lemari pengasap ikan 60°

Pada lemari pengasap ikan dengan sudut atap lemari pengasap 15° didapatkan temperature lingkungan, temperature ruang bakar, dan temperature pada atap lemari pengasap serta kecepatan gas asap secara terturut-turut adalah 31°C, 470°C, dan 64°C serta 0,7 m/s. Dari data tersebut maka dilakukan perhitungan secara matematis dengan persamaan diferensial sebagai berikut :

$$T_{m+1, n} + T_{m-1, n} + T_{m, n+1} + T_{m, n-1} - 4T_{m,n} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan ini berlaku untuk node 1 s/d 12 dan untuk semua sudut atap lemari pengasap ikan. Pada sudut atap 15° pada lemari pengasap ikan maka dapat dihitung menjadi :

- 4T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub> + T<sub>4</sub> = -95 .....(Node 1)
- T<sub>1</sub> - 4T<sub>2</sub> + T<sub>3</sub> + T<sub>5</sub> = -64.....(Node 2)
- T<sub>2</sub> - 4T<sub>3</sub> + T<sub>6</sub> = -31.....(Node 3)
- T<sub>1</sub> - 4T<sub>4</sub> + T<sub>5</sub> + T<sub>7</sub> = -31.....(Node 4)
- T<sub>2</sub> + T<sub>4</sub> - 4T<sub>5</sub> + T<sub>6</sub> + T<sub>8</sub> = 0... ..(Node 5)
- T<sub>3</sub> + T<sub>5</sub> - 4T<sub>6</sub> + T<sub>9</sub> = -31.....(Node 6)
- T<sub>4</sub> - 4T<sub>7</sub> + T<sub>8</sub> + T<sub>10</sub> - 4T<sub>7</sub> = -31....(Node 7)
- T<sub>5</sub> + T<sub>7</sub> - 4T<sub>8</sub> + T<sub>9</sub> + T<sub>11</sub> = 0.....(Node 8)
- T<sub>6</sub> + T<sub>8</sub> - 4T<sub>9</sub> + T<sub>12</sub> = - 31.....(Node 9)
- T<sub>7</sub> - 4T<sub>10</sub> + T<sub>11</sub> = - 501.....(Node 10)
- T<sub>8</sub>+T<sub>10</sub>-4T<sub>11</sub>+T<sub>12</sub> = -470 .....(Node 11)
- T<sub>9</sub> + T<sub>11</sub> - 4T<sub>12</sub> = - 501.....(Node 12)

Dengan menggunakan persamaan diatas diselesaikan dengan menggunakan metode numerik maka, temperatur pada node 1 s/d 12 didapatkan :

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| T <sub>1</sub> = 57,87°C | T <sub>7</sub> = 118,19°C  |
| T <sub>2</sub> = 62,69°C | T <sub>8</sub> = 147,00°C  |
| T <sub>3</sub> = 40,72°C | T <sub>9</sub> = 116,96°C  |
| T <sub>4</sub> = 73,81°C | T <sub>10</sub> = 220,96°C |
| T <sub>5</sub> = 88,18°C | T <sub>11</sub> = 264,65°C |
| T <sub>6</sub> = 69,22°C | T <sub>12</sub> = 220,65°C |

Sudut atap 45° pada lemari pengasap ikan didapatkan persamaan :

- 4T<sub>1</sub> + T<sub>2</sub> + T<sub>4</sub> = -80 .....(Node 1)
- T<sub>1</sub> - 4T<sub>2</sub> + T<sub>3</sub> + T<sub>5</sub> = -49.....(Node 2)
- T<sub>2</sub> - 4T<sub>3</sub> + T<sub>6</sub> = -31.....(Node 3)
- T<sub>1</sub> - 4T<sub>4</sub> + T<sub>5</sub> + T<sub>7</sub> = -31.....(Node 4)

$$\begin{aligned}
T_2 + T_4 - 4T_5 + T_6 + T_8 &= 0 \dots\dots\dots(\text{Node 5}) \\
T_3 + T_5 - 4T_6 + T_9 &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 6}) \\
T_4 - 4T_7 + T_8 + T_{10} - 4T_{11} &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 7}) \\
T_5 + T_7 - 4T_8 + T_9 + T_{11} &= 0 \dots\dots\dots(\text{Node 8}) \\
T_6 + T_8 - 4T_9 + T_{12} &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 9}) \\
T_7 - 4T_{10} + T_{11} &= -506 \dots\dots\dots(\text{Node 10}) \\
T_8 + T_{10} - 4T_{11} + T_{12} &= -470 \dots\dots\dots(\text{Node 11}) \\
T_9 + T_{11} - 4T_{12} &= -506 \dots\dots\dots(\text{Node 12})
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas diselesaikan dengan menggunakan metode numerik maka, temperatur pada node 1 s/d 12 didapatkan :

$$\begin{aligned}
T_1 &= 52,05^\circ\text{C} & T_7 &= 118,12^\circ\text{C} \\
T_2 &= 56,46^\circ\text{C} & T_8 &= 146,99^\circ\text{C} \\
T_3 &= 38,92^\circ\text{C} & T_9 &= 117,18^\circ\text{C} \\
T_4 &= 71,76^\circ\text{C} & T_{10} &= 222,73^\circ\text{C} \\
T_5 &= 85,86^\circ\text{C} & T_{11} &= 266,80^\circ\text{C} \\
T_6 &= 68,24^\circ\text{C} & T_{12} &= 222,49^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Sudut atap  $15^\circ$  pada lemari pengasap ikan didapatkan persamaan :

$$\begin{aligned}
-4T_1 + T_2 + T_4 &= -95 \dots\dots\dots(\text{Node 1}) \\
T_1 - 4T_2 + T_3 + T_5 &= -64 \dots\dots\dots(\text{Node 2}) \\
T_2 - 4T_3 + T_6 &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 3}) \\
T_1 - 4T_4 + T_5 + T_7 &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 4}) \\
T_2 + T_4 - 4T_5 + T_6 + T_8 &= 0 \dots\dots\dots(\text{Node 5}) \\
T_3 + T_5 - 4T_6 + T_9 &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 6}) \\
T_4 - 4T_7 + T_8 + T_{10} - 4T_{11} &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 7}) \\
T_5 + T_7 - 4T_8 + T_9 + T_{11} &= 0 \dots\dots\dots(\text{Node 8}) \\
T_6 + T_8 - 4T_9 + T_{12} &= -31 \dots\dots\dots(\text{Node 9}) \\
T_7 - 4T_{10} + T_{11} &= -501 \dots\dots\dots(\text{Node 10}) \\
T_8 + T_{10} - 4T_{11} + T_{12} &= -470 \dots\dots\dots(\text{Node 11}) \\
T_9 + T_{11} - 4T_{12} &= -501 \dots\dots\dots(\text{Node 12})
\end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas diselesaikan dengan menggunakan metode numerik maka, temperatur pada node 1 s/d 12 didapatkan :

$$\begin{aligned}
T_1 &= 57,87^\circ\text{C} & T_7 &= 118,19^\circ\text{C} \\
T_2 &= 62,69^\circ\text{C} & T_8 &= 147,00^\circ\text{C} \\
T_3 &= 38,36^\circ\text{C} & T_9 &= 116,96^\circ\text{C} \\
T_4 &= 73,81^\circ\text{C} & T_{10} &= 220,96^\circ\text{C} \\
T_5 &= 88,18^\circ\text{C} & T_{11} &= 264,65^\circ\text{C} \\
T_6 &= 69,22^\circ\text{C} & T_{12} &= 220,65^\circ\text{C}
\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang sudah didapatkan pada kolom ke-2 (node 2, node 5, node 8 dan node 11) didapatkan bahwa memiliki temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan kolom pertama (node 1, node 4, node 7 dan node 10) dan kolom ke-3 (node 3, node 6, node 9 dan node 12) untuk semua baris pada seluruh variasi sudut atap lemari pengasap ikan  $15^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$  seperti terlihat pada gambar 3, 4 dan 5. Ini disebabkan karena pada kolom ke-1 dan 3 berbatasan langsung dengan dinding ruang pengasap ikan sehingga distribusi temperature menuju atas / cerobong mengalami hambatan sehingga terjadi penurunan temperature, dimana lapis batas / boundary layer menghambat distribusi temperature menuju cerobong asap.

Sudut atap  $15^\circ$  pada lemari pengasap ikan menunjukkan hasil perhitungan temperatur pada node 1 s/d 12 adalah  $40,72^\circ\text{C}$  s/d  $264,65^\circ\text{C}$  dan pada sudut atas  $45^\circ$  pada node 1 s/d 12 menunjukkan temperature antara  $38,92^\circ\text{C}$  s/d  $264,45^\circ\text{C}$  serta pada sudut  $60^\circ$  sesuai dengan perhitungan mendapatkan nilai temperatur pada node 1 s/d 12 adalah  $38,36^\circ\text{C}$  s/d  $264,05^\circ\text{C}$ . Hasil perhitungan temperatur menunjukkan bahwa semakin besar sudut atap lemari pengasap ikan maka temperatur yang dihasilkan pada setiap node semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh adanya lapis batas dengan sudut atap yang kecil yaitu  $15^\circ$  pada lemari pengasap ikan akan menghambat laju distribusi temperatur / gas asap menuju cerobong. Lapis batas / boundary layer yang dihasilkan akan mempercepat distribusi temperatur menuju seluruh bagian ruang pengasap sehingga temperatur yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan pada lemari pengasap ikan dengan sudut atap yang lebih besar yaitu  $45^\circ$  dan  $60^\circ$ .

Kecepatan gas asap di dalam ruang asap pada lemari pengasap ikan dengan variasi sudut atap 15°, 45° dan 60° secara berurutan adalah 0,7 m/s , 1,1 m/s dan 1,2 m/s seperti terlihat pada gambar 3, 4 dan 5. Perbedaan kecepatan gas asap yang menuju cerobong disebabkan karena sudut atap lemari pengasap ikan yang kecil yaitu 15° akan menghambat laju kecepatan gas asap, sehingga kecepatan gas asap akan menjadi lebih lambat menuju cerobong asap dibandingkan pada lemari pengasap ikan dengan sudut atap 45° dan 60°.

Selain itu dengan teori “tarikan cerobong” menyatakan bahwa pada bagian ujung cerobong memiliki tekanan udara yang lebih rendah dibandingkan dibagian bawah sehingga kecepatan udara dibagian ujung cerobong lebih cepat dibandingkan dibagian bawah. Ini berdampak pada tarikan udara dengan pipa cerobong dengan diameter besar akan menarik udara dengan kecepatan lebih besar dari bagian ruang pengasap menuju bagian ujung cerobong dibandingkan dengan pipa cerobong yang memiliki diameter yang lebih kecil.

#### 4. KESIMPULAN

Lemari pengasap ikan dengan sudut atap 15°, 45° dan 60° menghasilkan distribusi temperatur dan kecepatan gas asap yang berbeda. Sudut atap yang lebih kecil yaitu 15° akan menghasilkan temperatur yang besar dan kecepatan gas asap lebih lambat didalam ruang pengasap dibandingkan pada sudut atap yang besar pada lemari pengasap ikan yaitu pada sudut 45° dan 60°. Kemerataan distribusi temperatur didalam ruang pengasap ikan cenderung tidak beda nyata sehingga perbedaan sudut atap sedikit berpengaruh pada kemerataan distribusi temperatur di dalam ruang pengasap pada lemari pengasap ikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bimantara, Firna,. Agus Supriadi, dan Siti Hanggita. 2015. Modifikasi dan Pengujian Alat Pengasapan Ikan Sistem Kabinet. *Fishtech – Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*.Vol. 4, No.1: 46-56
- Chakraverty, 1981. *Past Harvest Technology of Cereal and Pulses*. Indian Institute of Technology, Krapus. Oxford and IBH Publishing Company.
- John Willey & Sosns Inc. 2011. *Fundamentals of Heat Transfer; Incopera De Witt New York*
- Lienhard IV, J. H. 2019. *A Heat Transfer Textbook, Fifth edition Cambridge, MA. Phlogiston Press*
- Nawawi, Zamanhuri, Napitupulu, Syuhada. 2008. Kajian Karakteristik Perpindahan Panas Pada Ruang Sistem Pengering / Pengasapan dengan Energi Panas dari Bahan Bakar Jurnal Polimesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Vol. 9, No. 9, 532 - 544.
- Suroso,Erdi., Tanto Pratondo Utomo, Sri Hidayati, Astri Nuraini. 2018. Pengasapan Ikan Kembang Menggunakan Asap Cair dari Kayu Karet Hasil Redestilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, Volume 21 Nomor 1.
- Tahur, Muh., S. Salengke, Mursalim, Metusalach, and Wahyu Caesarendra. 2019. Performance of Smokehouse Designed for Smoking Fish with the Indirect Method. *Processes*, 8, 204; doi:10.3390/pr8020204

*Received : 28 Desember 2020*

*Reviewed : 29 Desember 2020*

*Accepted : 30 Desember 2020*