

## LAMPIRAN I

### DATA PENGAMATAN

#### 1. Ikan yang Direndam Air Tawar

##### a. Pembuatan Ikan Asap

Kecepatan Aliran Udara : 7,5 m/s  
 Massa Bahan Bakar Awal : 3,42 kg  
 Massa Bahan Bakar Akhir : 0,74 kg

**Tabel L1.1.** Pengamatan Ikan yang Direndam Air Tawar

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	pH	Kadar Protein (%)	Temperatur Udara Masuk (°C)	Temperatur Udara Keluar (°C)	Temperatur Ruang Pengasapan (°C)
0		2,060	7	17,86	62	47,2	82
1		2,012	7	17,92	64	46,1	83
2		1,904	7	18,21	68	49,8	84
3		1,836	6	18,42	68	50,3	85
4		1,768	6	18,65	69	51,5	85
5		1,682	6	18,99	71	53,6	87
6		1,584	6	19,45	71	55,3	89
7		1,480	6	20,03	72	55,3	86
8	2,060	1,393	6	20,62	73	55,8	88
9		1,282	6	21,57	84	60,6	89
10		1,198	5	22,46	85	59,4	90
11		1,132	5	23,30	87	59,3	90
12		1,042	5	24,81	88	61,4	91
13		1,004	5	25,59	90	63,6	93
14		0,962	5	26,57	92	63,4	94
15		0,906	5	28,26	93	60,8	93
16		0,844	5	30,67	93	62,3	95

##### b. Pengujian Kadar Air Awal

Berat Cawan Kosong : 28,96 gr  
 Berat Sampel Awal : 2,21 gr  
 Berat Cawan + Sampel Kering : 29,55 gr

## 2. Ikan yang Direndam Air Garam

### a. Pembuatan Ikan Asap

Kecepatan Aliran Udara	: 7,5 m/s
Massa Bahan Bakar Awal	: 3,42 kg
Massa Bahan Bakar Akhir	: 0,74 kg

**Tabel L1.2.** Pengamatan Ikan yang Direndam Air Garam

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	pH	Kadar Protein (%)	Temperatur Udara Masuk (°C)	Temperatur Udara Keluar (°C)	Temperatur Ruang Pengasapan (°C)
0		2,052	6	17,75	62	47,2	82
1		1,970	6	17,92	64	46,1	83
2		1,866	6	18,26	68	49,8	84
3		1,764	6	18,61	68	50,3	85
4		1,702	6	18,85	69	51,5	85
5		1,626	6	19,19	71	53,6	87
6		1,522	6	19,76	71	55,3	89
7		1,436	5	20,33	72	55,3	86
8	2,052	1,360	5	20,93	73	55,8	88
9		1,276	5	21,71	84	60,6	89
10		1,188	5	22,75	85	59,4	90
11		1,108	5	23,96	87	59,3	90
12		1,032	5	25,45	88	61,4	91
13		0,970	5	27,01	90	63,6	93
14		0,953	5	27,50	92	63,4	94
15		0,921	5	28,52	93	60,8	93
16		0,867	5	30,74	93	62,3	95

### b. Pengujian Kadar Air Awal

Berat Cawan Kosong	: 72,51 gr
Berat Sampel Awal	: 2,12 gr
Berat Cawan + Sampel Kering	: 73,10 gr

## 3. Ikan yang Direndam Air Jeruk Nipis

### a. Pembuatan Ikan Asap

Kecepatan Aliran Udara	: 7,5 m/s
Massa Bahan Bakar Awal	: 3,42 kg

Massa Bahan Bakar Akhir : 0,74 kg

**Tabel L1.3.** Pengamatan Ikan yang Direndam Air Jeruk Nipis

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	pH	Kadar Protein (%)	Temperatur Udara Masuk (°C)	Temperatur Udara Keluar (°C)	Temperatur Ruang Pengasapan (°C)
0		2,046	6	17,37	62	47,2	82
1		1,942	6	17,64	64	46,1	83
2		1,840	6	17,93	68	49,8	84
3		1,742	6	18,25	68	50,3	85
4		1,681	6	18,47	69	51,5	85
5		1,634	6	18,59	71	53,6	87
6		1,548	6	18,92	71	55,3	89
7		1,468	5	19,14	72	55,3	86
8	2,046	1,348	5	20,11	73	55,8	88
9		1,260	5	20,64	84	60,6	89
10		1,150	5	21,51	85	59,4	90
11		1,104	5	22,06	87	59,3	90
12		1,078	5	22,21	88	61,4	91
13		1,042	5	22,59	90	63,6	93
14		1,003	4	22,81	92	63,4	94
15		0,918	4	24,80	93	60,8	93
16		0,853	4	26,98	93	62,3	95

**b. Pengujian Kadar Air**

Berat Cawan Kosong : 47,45 gr

Berat Sampel Awal : 2,26 gr

Berat Cawan + Sampel Kering : 48,03 gr

## LAMPIRAN 2

### PERHITUNGAN

#### A. Perhitungan Ikan Nila Hasil Pengasapan yang Direndam Air Tawar

##### 1. Menghitung Kadar Air Awal pada Ikan

Kadar air awal pada ikan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(\text{Massa cawan kosong+sampel})-(\text{cawan+sampel kering})}{\text{Sampel}} \times 100\%$$

Diketahui :

$$\text{Massa cawan kosong} = 28,97 \text{ gr}$$

$$\text{Massa sampel awal} = 2,21 \text{ gr}$$

$$\text{Massa cawan + sampel kering} = 29,55 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(28,97+2,21)\text{gr}-29,55 \text{ gr}}{2,21 \text{ gr}} \times 100\%$$

$$= 73,30 \%$$

##### 2. Menghitung Neraca Massa pada Produk Ikan Asap

###### a. Menghitung Kadar Air Sisa per Jam

$$\text{Massa ikan basah (m}_1\text{)} = 2,060 \text{ kg}$$

$$\text{Massa ikan kering (m}_2\text{)} = 2,012 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa awal air pada ikan (m}_3\text{)} &= 73,30 \% \times 2,060 \text{ kg} \\ &= 1,510 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang menguap dalam ikan (m}_4\text{)} &= m_1 - m_2 \\ &= 2,060 \text{ kg} - 2,012 \text{ kg} \\ &= 0,048 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang tersisa dalam ikan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,510 \text{ kg} - 0,048 \\ &= 1,462 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air dalam ikan setelah pengasapan} &= \frac{1,462 \text{ kg}}{2,012 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 72,66 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, hasil perhitungan kadar air sisa yang direndam air tawar dalam ikan setelah pengasapan dapat dilihat pada tabel L2.1.

**Tabel L2.1.** Kadar Air Sisa pada Ikan yang Direndam Air Tawar

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)
0		2,060		73,30
1		2,012		72,66
2		1,904		71,11
3		1,836		70,04
4		1,768		68,89
5		1,682		67,30
6		1,584		65,28
7		1,480		62,84
8	2,060	1,393	73,30	60,52
9		1,282		57,10
10		1,198		54,09
11		1,132		51,41
12		1,042		47,22
13		1,004		45,22
14		0,962		42,83
15		0,906		39,29
16		0,844		34,83

**b. Menghitung Massa Air Akhir pada Produk Ikan Asap**

$$\text{Massa ikan akhir (F}_2\text{)} = 0,844 \text{ kg}$$

$$\text{Persen kadar air akhir} = 34,83 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa akhir air pada ikan (m}_4\text{)} &= 34,83 \% \times 0,844 \text{ kg} \\ &= 0,294 \text{ kg} \end{aligned}$$

**c. Menghitung Massa Air Ikan yang Teruapkan**

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang teruapkan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,510 \text{ kg} - 0,294 \text{ kg} \\ &= 1,216 \text{ kg} \end{aligned}$$

**d. Menghitung Massa Udara Suplai**

$$\text{Laju alir udara} = 7,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Densitas udara} = 1,06 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu operasi} = 16 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa} &= 2 \text{ inch} = 2 \text{ inch} \left| \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ inch}} \right| = 5,080 \text{ cm} \\
 \text{Jari jari pipa} &= 2,54 \text{ cm} = 2,54 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| = 0,0254 \text{ m} \\
 \text{Luas lingkaran} &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,000645 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 \text{Laju alir volumetrik} &= 7,5 \text{ m/s} \times 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Laju alir massa} &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,06 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,01610511 \text{ kg/s} \\
 \text{Massa udara suplai} &= 0,01610511 \text{ kg/s} \times 16 \text{ jam} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 927,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel L2.2.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Massa

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Daging Ikan	0,550	0,550
Kandungan Air	1,510	0,294
Uap Air	-	1,216
Udara	927,655	927,655
<b>Total</b>	<b>929,715</b>	<b>929,715</b>

### 3. Menghitung Neraca Energi pada Produk Ikan Asap

#### a. Panas Sensibel Udara Masuk ( $Q_1$ )

Untuk menentukan Q Udara digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Lingkungan } (T_0) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatur Udara Masuk } (T_1) = 78,24 \text{ }^\circ\text{C} = 351,39 \text{ K}$$

$$\text{Massa Udara Suplai } (G) = 927,655 \text{ kg}$$

$$\text{BM Udara} = 28,84 \text{ Kg/Kmol}$$

Menentukan  $C_p$  Udara dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 6,713 \quad c = 0,000001147$$

$$b = 0,0004697 \quad d = 0,000000000470$$

Maka,  $C_p = 6,738 \text{ kkal/mol.}^\circ\text{C}$  (sumber: Olaf A. Hougen, Appendix xxiii)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6,738 \text{ Kkal/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{28,84 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 0,23 \text{ Kkal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times \left| \frac{4,184 \text{ kJ}}{1 \text{ Kkal}} \right| \\
 &= 0,9776 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\
 Q_{\text{in}} &= G \times C_p \times (T_1 - T_2) \text{ (sumber: Hougen, 1961)} \\
 &= 927,66 \text{ kg} \times 0,9776 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [78,24 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}] \\
 &= 43746,76 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

**b. Panas Evaporasi Air (Q<sub>2</sub>)**

$$\begin{aligned}
 T_{\text{Flue Gas}} &= 56,22 ^\circ\text{C} \\
 \Delta H_w &= 2360 \text{ kJ/kg} \text{ (sumber: Moran Table A-2, 2011)} \\
 Q_2 &= m_w \times \Delta H_w \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)} \\
 &= 1,216 \text{ kg} \times 2360 \text{ kJ/kg} \\
 &= 2869,824 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

**c. Panas Diterima Vapor (Q<sub>3</sub>)**

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Udara Keluar (T}_2\text{)} = 56,22 ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Bola Basah (T}_w\text{)} = 30,7 ^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Air Dievaporasi (m}_w\text{)} = 1,216 \text{ Kg}$$

$$\text{BM Air} = 18 \text{ Kg/kmol}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka, Cp = 32,30 J/mol.°C (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{32,30 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 1,7944 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \\
 Q_3 &= m_w \times C_p \times (T_2 - T_w) \text{ (sumber: Hougen, 1961)} \\
 &= 1,216 \text{ kg} \times 1,7944 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [56,22 ^\circ\text{C} - 30,7 ^\circ\text{C}] \\
 &= 55,680 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

**d. Panas Diterima Air (Q<sub>4</sub>)**

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Bola Basah (T}_w) = 30,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Air Dievaporasi (m}_w) = 1,216 \text{ Kg}$$

$$\text{BM Air} = 18 \text{ Kg/Kmol}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka,  $C_p = 32,26 \text{ kJ/mol}\cdot^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,26 \text{ kJ/kmol}\cdot^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7920 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = m_w \times C_p \times (T_w - T_{m1}) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 1,7920 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C} \times [30,7 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 14,60 \text{ kJ}$$

**e. Panas Diterima Ikan (Q<sub>5</sub>)**

Untuk menentukan Q digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Produk Keluar (T}_{m2}) = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Ikan Dry Basis (F)} = 0,556 \text{ kg}$$

$$\text{Cp Ikan} = 3,6 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$$

$$Q_5 = F \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1}) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 0,556 \text{ kg} \times 3,6 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C} \times [63 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 78,06 \text{ kJ}$$

**f. Panas Diterima Air dalam Ikan (Q<sub>6</sub>)**

Untuk menentukan Q Digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Produk Keluar (T}_{m2}) = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Massa Ikan Dry Basis (F)} &= 0,556 \text{ kg} \\
 \text{BM Air} &= 18 \text{ kg/kmol} \\
 \text{Final Moisture Content (X)} &= \frac{F_1 - F}{F_2 - F} \\
 &= \frac{2,060 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}}{0,844 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}} \\
 &= 5,22
 \end{aligned}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$\begin{aligned}
 C_p &= a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K} \\
 a &= 32,243 & c &= 0,000010555 \\
 b &= 0,0019238 & d &= 0,0000000036
 \end{aligned}$$

Maka,  $C_p = 32,33 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{32,33 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}} \\
 &= 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_6 &= F \times X \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1}) \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)} \\
 &= 0,556 \text{ kg} \times 5,22 \times 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [63 ^\circ\text{C} - 24 ^\circ\text{C}] \\
 &= 203,42 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

**Tabel L2.3.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Energi

Komponen	Input (kJ)	Output (kJ)
Panas Sensibel Udara Suplai	43746,76	-
Panas Evaporasi Air (Q <sub>2</sub> )	-	2869,82
Panas diterima Vapor (Q <sub>3</sub> )	-	55,68
Panas diterima Air (Q <sub>4</sub> )	-	14,60
Panas diterima Ikan (Q <sub>5</sub> )	-	78,06
Panas diterima Air dalam Ikan (Q <sub>6</sub> )	-	203,42
<i>Heat Loss</i>	-	40525,18
Total	43746,76	43746,76

## B. Perhitungan Ikan Nila Hasil Pengasapan yang Direndam Air Garam

### 1. Menghitung Kadar Air Awal pada Ikan

Kadar air awal pada ikan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(\text{Massa cawan kosong} + \text{sampel}) - (\text{cawan} + \text{sampel kering})}{\text{Sampel}} \times 100\%$$

Diketahui :

$$\text{Massa cawan kosong} = 72,51 \text{ gr}$$

$$\text{Massa sampel awal} = 2,12 \text{ gr}$$

$$\text{Massa cawan + sampel kering} = 73,10 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(72,51+2,12)\text{gr}-73,10 \text{ gr}}{2,12 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 72,17 \% \end{aligned}$$

## 2. Menghitung Neraca Massa pada Produk Ikan Asap

### a. Menghitung Kadar Air Sisa per Jam

$$\text{Massa ikan basah (m}_1\text{)} = 2,052 \text{ kg}$$

$$\text{Massa ikan kering (m}_2\text{)} = 1,970 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa awal air pada ikan (m}_3\text{)} &= 72,17 \% \times 2,052 \text{ kg} \\ &= 1,481 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang menguap dalam ikan (m}_4\text{)} &= m_1 - m_2 \\ &= 2,052 \text{ kg} - 1,970 \text{ kg} \\ &= 0,082 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang tersisa dalam ikan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,481 \text{ kg} - 0,082 \text{ kg} \\ &= 1,399 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air dalam ikan setelah pengasapan} &= \frac{1,399 \text{ kg}}{1,970 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 71,02 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, hasil perhitungan kadar air sisa yang direndam air garam dalam ikan setelah pengasapan dapat dilihat pada tabel L2.4.

**Tabel L2.4.** Kadar Air Sisa pada Ikan yang Direndam Air Garam

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)
0		2,052		72,17
1		1,970		71,02
2		1,866		69,40
3		1,764		67,63
4		1,702		66,45
5		1,626		64,88
6		1,522		62,48
7		1,436		60,24
8	2,052	1,360	72,17	58,01
9		1,276		55,25
10		1,188		51,94
11		1,108		48,47
12		1,032		44,67
13		0,970		41,13
14		0,953		40,08
15		0,921		38,00
16		0,867		34,14

**b. Menghitung Massa Air Akhir pada Produk Ikan Asap**

$$\text{Massa ikan akhir (F}_2\text{)} = 0,867 \text{ kg}$$

$$\text{Persen kadar air akhir} = 34,14 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa akhir air pada ikan (m}_4\text{)} &= 34,14 \% \times 0,867 \text{ kg} \\ &= 0,296 \text{ kg} \end{aligned}$$

**c. Menghitung Massa Air Ikan yang Teruapkan**

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang teruapkan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,495 \text{ kg} - 0,296 \text{ kg} \\ &= 1,185 \text{ kg} \end{aligned}$$

**d. Menghitung Massa Udara Suplai**

$$\text{Laju alir udara} = 7,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Densitas udara} = 1,06 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu operasi} = 16 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter pipa} = 2 \text{ inch} = 2 \text{ inch} \left| \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ inch}} \right| = 5,080 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari jari pipa} &= 2,54 \text{ cm} = 2,54 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| = 0,0254 \text{ m} \\
 \text{Luas lingkaran} &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,000645 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 \text{Laju alir volumetrik} &= 7,5 \text{ m/s} \times 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Laju alir massa} &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,06 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,01610511 \text{ kg/s} \\
 \text{Massa udara suplai} &= 0,01610511 \text{ kg/s} \times 16 \text{ jam} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 927,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel L2.5.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Massa

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Daging Ikan	0,571	0,571
Kandungan Air	1,481	0,296
Uap Air	-	1,185
Udara	927,655	927,655
Total	929,707	929,707

### 3. Menghitung Neraca Energi pada Produk Ikan Asap

#### a. Panas Sensibel Udara Masuk ( $Q_1$ )

Untuk menentukan Q Udara digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Lingkungan } (T_0) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatur Udara Masuk } (T_1) = 78,24 \text{ }^\circ\text{C} = 351,39 \text{ K}$$

$$\text{Massa Udara Suplai } (G) = 927,655 \text{ kg}$$

$$\text{BM Udara} = 28,84 \text{ Kg/Kmol}$$

Menentukan Cp Udara dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, \text{ T in K}$$

$$a = 6,713 \quad c = 0,000001147$$

$$b = 0,0004697 \quad d = 0,000000000470$$

Maka,  $C_p = 6,738 \text{ kkal/mol.}^\circ\text{C}$  (sumber: Olaf A. Hougen, Appendix xxiii)

$$= \frac{6,738 \text{ Kkal/kmol.}^\circ\text{C}}{28,84 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 0,23 \text{ Kkal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times \left| \frac{4,184 \text{ kJ}}{1 \text{ Kkal}} \right|$$

$$= 0,9776 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_{in} = G \times C_p \times (T_1 - T_2) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 927,66 \text{ kg} \times 0,9776 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [78,24 \text{ } ^\circ\text{C} - 30 \text{ } ^\circ\text{C}]$$

$$= 43746,76 \text{ kJ}$$

**b. Panas Evaporasi Air (Q<sub>2</sub>)**

$$T \text{ Flue Gas} = 56,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_w = 2360 \text{ kJ/kg (sumber: Moran Table A-2, 2011)}$$

$$Q_2 = m_w \times \Delta H_w \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 2360 \text{ kJ/kg}$$

$$= 2869,824 \text{ kJ}$$

**c. Panas Diterima Vapor (Q<sub>3</sub>)**

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Udara Keluar (T}_2) = 56,22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Bola Basah (T}_w) = 30,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Air Dievaporasi (m}_w) = 1,216 \text{ Kg}$$

$$\text{BM Air} = 18 \text{ Kg/kmol}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka, Cp = 32,30 J/mol.°C (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,30 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7944 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = m_w \times C_p \times (T_2 - T_w) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 1,7944 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [56,22 \text{ } ^\circ\text{C} - 30,7 \text{ } ^\circ\text{C}]$$

$$= 55,680 \text{ kJ}$$

**d. Panas Diterima Air (Q<sub>4</sub>)**

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

Temperatur Bola Basah ( $T_w$ ) = 30,7 °C

Temperatur Umpan Masuk ( $T_{m1}$ ) = 24 °C

Massa Air Dievaporasi ( $m_w$ ) = 1,216 Kg

BM Air = 18 Kg/Kmol

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$ , T in K

a = 32,243      c = 0,000010555

b = 0,0019238      d = 0,0000000036

Maka,  $C_p = 32,26 \text{ kJ/mol} \cdot ^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,26 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7920 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$Q_4 = m_w \times C_p \times (T_w - T_{m1})$  (sumber: Hougen, 1961)

$$= 1,216 \text{ kg} \times 1,7920 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [30,7 ^\circ\text{C} - 24 ^\circ\text{C}]$$

$$= 14,60 \text{ kJ}$$

**e. Panas Diterima Ikan ( $Q_5$ )**

Untuk menentukan Q digunakan data sebagai berikut:

Temperatur Umpan Masuk ( $T_{m1}$ ) = 24 °C

Temperatur Produk Keluar ( $T_{m2}$ ) = 63 °C

Massa Ikan Dry Basis (F) = 0,556 kg

Cp Ikan = 3,6 kJ/kg. °C

$Q_5 = F \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1})$  (sumber: Hougen, 1961)

$$= 0,556 \text{ kg} \times 3,6 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [63 ^\circ\text{C} - 24 ^\circ\text{C}]$$

$$= 78,06 \text{ kJ}$$

**f. Panas Diterima Air dalam Ikan ( $Q_6$ )**

Untuk menentukan Q Digunakan data sebagai berikut:

Temperatur Umpan Masuk ( $T_{m1}$ ) = 24 °C

Temperatur Produk Keluar ( $T_{m2}$ ) = 63 °C

Massa Ikan Dry Basis (F) = 0,556 kg

BM Air = 18 kg/kmol

$$\begin{aligned}
 \text{Final Moisture Content (X)} &= \frac{F_1 - F}{F_2 - F} \\
 &= \frac{2,060 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}}{0,844 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}} \\
 &= 5,22
 \end{aligned}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka,  $C_p = 32,33 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,33 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_6 = F \times X \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1}) \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)}$$

$$= 0,556 \text{ kg} \times 5,22 \times 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [63 ^\circ\text{C} - 24 ^\circ\text{C}]$$

$$= 203,42 \text{ kJ}$$

**Tabel L2.6.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Energi

Komponen	Input (kJ)	Output (kJ)
Panas Sensibel Udara Suplai	43746,76	-
Panas Evaporasi Air (Q <sub>2</sub> )	-	2869,82
Panas diterima Vapor (Q <sub>3</sub> )	-	55,68
Panas diterima Air (Q <sub>4</sub> )	-	14,60
Panas diterima Ikan (Q <sub>5</sub> )	-	78,06
Panas diterima Air dalam Ikan (Q <sub>6</sub> )	-	203,42
<i>Heat Loss</i>	-	40525,18
Total	43746,76	43746,76

## C. Perhitungan Ikan Nila Hasil Pengasapan yang Direndam Air Jeruk

### 1. Menghitung Kadar Air Awal pada Ikan

Kadar air awal pada ikan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{(\text{Massa cawan kosong} + \text{sampel}) - (\text{cawan} + \text{sampel kering})}{\text{Sampel}} \times 100\%$$

Diketahui :

$$\text{Massa cawan kosong} = 47,45 \text{ gr}$$

$$\text{Massa sampel awal} = 2,26 \text{ gr}$$

$$\text{Massa cawan + sampel kering} = 48,08 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(47,45+2,26)\text{gr}-48,08 \text{ gr}}{2,26 \text{ gr}} \times 100\% \\ &= 72,12 \% \end{aligned}$$

## 2. Menghitung Neraca Massa pada Produk Ikan Asap

### a. Menghitung Kadar Air Sisa per Jam

$$\text{Massa ikan basah (m}_1\text{)} = 2,046 \text{ kg}$$

$$\text{Massa ikan kering (m}_2\text{)} = 1,942 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa awal air pada ikan (m}_3\text{)} &= 72,12 \% \times 2,046 \text{ kg} \\ &= 1,476 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang menguap dalam ikan (m}_4\text{)} &= m_1 - m_2 \\ &= 2,046 \text{ kg} - 1,942 \text{ kg} \\ &= 0,104 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang tersisa dalam ikan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,476 \text{ kg} - 0,104 \text{ kg} \\ &= 1,372 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air dalam ikan setelah pengasapan} &= \frac{1,372 \text{ kg}}{1,942 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 70,63 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, hasil perhitungan kadar air sisa yang direndam air jeruk dalam ikan setelah pengasapan dapat dilihat pada tabel L2.7.



**Tabel L2.7.** Kadar Air Sisa pada Ikan yang Direndam Air Jeruk

Waktu (jam)	Berat Ikan Awal (kg)	Berat Ikan Akhir (kg)	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)
0		2,046		72,12
1		1,942		70,63
2		1,840		69,02
3		1,742		67,28
4		1,681		66,09
5		1,634		65,12
6		1,548		63,18
7		1,468		61,17
8	2,046	1,348	72,12	57,72
9		1,260		54,76
10		1,150		50,43
11		1,104		48,37
12		1,078		47,12
13		1,042		45,30
14		1,003		43,17
15		0,918		37,91
16		0,853		33,18

**b. Menghitung Massa Air Akhir pada Produk Ikan Asap**

$$\text{Massa ikan akhir (F}_2\text{)} = 0,853 \text{ kg}$$

$$\text{Persen kadar air akhir} = 33,18 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa akhir air pada ikan (m}_4\text{)} &= 33,18 \% \times 0,853 \text{ kg} \\ &= 0,283 \text{ kg} \end{aligned}$$

**c. Menghitung Massa Air Ikan yang Teruapkan**

$$\begin{aligned} \text{Massa air yang teruapkan} &= m_3 - m_4 \\ &= 1,476 \text{ kg} - 0,283 \text{ kg} \\ &= 1,193 \text{ kg} \end{aligned}$$

**d. Menghitung Massa Udara Suplai**

$$\text{Laju alir udara} = 7,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Densitas udara} = 1,06 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Waktu operasi} = 16 \text{ jam}$$

$$\text{Diameter pipa} = 2 \text{ inch} = 2 \text{ inch} \left| \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ inch}} \right| = 5,080 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jari jari pipa} &= 2,54 \text{ cm} = 2,54 \text{ cm} \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| = 0,0254 \text{ m} \\
 \text{Luas lingkaran} &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 0,000645 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 \text{Laju alir volumetrik} &= 7,5 \text{ m/s} \times 0,0020258 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Laju alir massa} &= 0,0151935 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,06 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,01610511 \text{ kg/s} \\
 \text{Massa udara suplai} &= 0,01610511 \text{ kg/s} \times 16 \text{ jam} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 927,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel L2.8.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Massa

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
Daging Ikan	0,570	0,570
Kandungan Air	1,476	0,283
Uap Air	-	1,193
Udara	927,655	927,655
Total	929,701	929,701

### 3. Menghitung Neraca Energi pada Produk Ikan Asap

#### a. Panas Sensibel Udara Masuk ( $Q_1$ )

Untuk menentukan Q Udara digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Lingkungan } (T_0) = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatur Udara Masuk } (T_1) = 78,24 \text{ }^\circ\text{C} = 351,39 \text{ K}$$

$$\text{Massa Udara Suplai } (G) = 927,655 \text{ kg}$$

$$\text{BM Udara} = 28,84 \text{ Kg/Kmol}$$

Menentukan  $C_p$  Udara dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 6,713 \quad c = 0,000001147$$

$$b = 0,0004697 \quad d = 0,000000000470$$

Maka,  $C_p = 6,738 \text{ kkal/mol.}^\circ\text{C}$  (sumber: Olaf A. Hougen, Appendix xxiii)

$$= \frac{6,738 \text{ Kkal/kmol.}^\circ\text{C}}{28,84 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 0,23 \text{ Kkal/kg.}^\circ\text{C} \times \left| \frac{4,184 \text{ kJ}}{1 \text{ Kkal}} \right|$$

$$= 0,9776 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_{in} = G \times C_p \times (T_1 - T_2) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 927,66 \text{ kg} \times 0,9776 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times [78,24 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 43746,76 \text{ kJ}$$

### b. Panas Evaporasi Air ( $Q_2$ )

$$T \text{ Flue Gas} = 56,22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta H_w = 2360 \text{ kJ/kg (sumber: Moran Table A-2, 2011)}$$

$$Q_2 = m_w \times \Delta H_w \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 2360 \text{ kJ/kg}$$

$$= 2869,824 \text{ kJ}$$

### c. Panas Diterima Vapor ( $Q_3$ )

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Udara Keluar (} T_2 \text{)} = 56,22 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Bola Basah (} T_w \text{)} = 30,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Air Dievaporasi (} m_w \text{)} = 1,216 \text{ Kg}$$

$$\text{BM Air} = 18 \text{ Kg/kmol}$$

Menentukan  $C_p$  Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka,  $C_p = 32,30 \text{ J/mol.}^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,30 \text{ kJ/kmol.}^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7944 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = m_w \times C_p \times (T_2 - T_w) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 1,7944 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times [56,22 \text{ }^\circ\text{C} - 30,7 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 55,680 \text{ kJ}$$

**d. Panas Diterima Air (Q<sub>4</sub>)**

Untuk menentukan Q air digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Bola Basah (T}_w) = 30,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Air Dievaporasi (m}_w) = 1,216 \text{ Kg}$$

$$\text{BM Air} = 18 \text{ Kg/Kmol}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka,  $C_p = 32,26 \text{ kJ/mol.}^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,26 \text{ kJ/kmol.}^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7920 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_4 = m_w \times C_p \times (T_w - T_{m1}) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 1,216 \text{ kg} \times 1,7920 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times [30,7 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 14,60 \text{ kJ}$$

**e. Panas Diterima Ikan (Q<sub>5</sub>)**

Untuk menentukan Q digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Produk Keluar (T}_{m2}) = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Ikan Dry Basis (F)} = 0,556 \text{ kg}$$

$$C_p \text{ Ikan} = 3,6 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$$

$$Q_5 = F \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1}) \text{ (sumber: Hougen, 1961)}$$

$$= 0,556 \text{ kg} \times 3,6 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times [63 \text{ }^\circ\text{C} - 24 \text{ }^\circ\text{C}]$$

$$= 78,06 \text{ kJ}$$

**f. Panas Diterima Air dalam Ikan (Q<sub>6</sub>)**

Untuk menentukan Q Digunakan data sebagai berikut:

$$\text{Temperatur Umpan Masuk (T}_{m1}) = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Produk Keluar (T}_{m2}) = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Massa Ikan Dry Basis (F)} = 0,556 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BM Air} &= 18 \text{ kg/kmol} \\
 \text{Final Moisture Content (X)} &= \frac{F_1 - F}{F_2 - F} \\
 &= \frac{2,060 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}}{0,844 \text{ kg} - 0,556 \text{ kg}} \\
 &= 5,22
 \end{aligned}$$

Menentukan Cp Air dengan Rumus:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3, T \text{ in K}$$

$$a = 32,243 \quad c = 0,000010555$$

$$b = 0,0019238 \quad d = 0,0000000036$$

Maka,  $C_p = 32,33 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{C}$  (sumber: Coulson APPENDIX D, 2003)

$$= \frac{32,33 \text{ kJ/kmol} \cdot ^\circ\text{C}}{18 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q_6 = F \times X \times C_p \times (T_{m2} - T_{m1}) \text{ (sumber: Schiffmann, 2006)}$$

$$= 0,556 \text{ kg} \times 5,22 \times 1,7963 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times [63 ^\circ\text{C} - 24 ^\circ\text{C}]$$

$$= 203,42 \text{ kJ}$$

**Tabel L2.6.** Tabel Hasil Perhitungan Neraca Energi

Komponen	Input (kJ)	Output (kJ)
Panas Sensibel Udara Suplai	43746,76	-
Panas Evaporasi Air (Q <sub>2</sub> )	-	2869,82
Panas diterima Vapor (Q <sub>3</sub> )	-	55,68
Panas diterima Air (Q <sub>4</sub> )	-	14,60
Panas diterima Ikan (Q <sub>5</sub> )	-	78,06
Panas diterima Air dalam Ikan (Q <sub>6</sub> )	-	203,42
<i>Heat Loss</i>	-	40525,18
Total	43746,76	43746,76

#### D. Menghitung Panas dari Bahan Bakar

nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200 hingga 19388,05 kJ/kg (sumber : Palungun, 1999)

$$Q = \text{Massa Tempurung} \times \text{Nilai Kalor Tempurung}$$

$$= 2,68 \text{ kg} \times 19388,05 \text{ kJ/kg}$$

$$= 51959,974 \text{ kJ}$$



**LAMPIRAN III**  
**GAMBAR**



**Gambar L3.1. Proses Preparasi Bahan Baku**



**(a)**

**(b)**

**(c)**

**Gambar L3.2. Proses Perendaman Bahan Baku**  
**(a) Air Tawar, (b) Air Garam, (c) Air Jeruk Nipis**



**Gambar L3.3. Proses Penyalaan Bahan Bakar**





**Gambar L3.4. Proses Penyusunan Bahan Baku**



**Gambar L3.5. Proses Pengasapan Ikan**



**Gambar L3.6. Proses Pengemasan Produk**



**Gambar L3.7.** Alat Pengasap Ikan



**Gambar L3.8.** Tungku Bahan Bakar



**Gambar L3.9.** Primary Blower



**Gambar L3.10.** Secondary Blower





**Gambar L3.11.** Tray Pengasapan



**Gambar L3.12.** Filter Karung Goni



**Gambar L3.13.** Dimmer



**Gambar L3.14.** Termometer Digital



**Gambar L3.15.** Anemometer