

**RANCANG BANGUN ALAT PENDINGIN DI TINJAU DARI *SPECIFIC
ENERGY CONSUME* PADA KERUPUK**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Sarjana
Terapan (D-IV) Teknik Energi pada Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang**

**Oleh :
Mahathir Marliansyah
0611 4041 1503**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2015**

Tabel**Halaman**

1. Komposisi Kimia Tenpurung Kelapa.....	18
2. Hasil Perhitungan Kadar Air	30
3. Hasil Perhitungan <i>Specific Energy Consume</i>	30
4. Data Pengamatan Untuk Menghitung Kadar Air Kerupuk.....	35
5. Data Pengamatan Untuk Menghitung <i>Specific Energy Consume</i>	35
6. Data Pengamatan Untuk Menghitung Heat Loss.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ketel Pipa Api.....	12
2. Ketel Pipa Air.....	13
3. <i>Heat Exchanger</i> Aliran Searah.....	14
4. <i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan.....	15
5. <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	16
6. <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	17
7. Alat Pengering Kerupuk.....	22
8. Bagian Ketel Uap dan <i>Furnace</i>	23
9. Kipas.....	24
10. Radiator.....	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data.....	35
2. Perhitungan.....	38
3. Gambar.....	52
4. Surat-Surat.....	55

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT PENGERING DI TINJAU DARI *SPECIFIC ENERGY CONSUME* PADA KERUPUK KEMPLANG

Disahkan dan disetujui oleh :

Palembang, Juni 2014

**Menyetujui,
Pembimbing I**

Pembimbing II

**Ir. KA Ridwan, M.T
NIP. 196002251989031002**

**Ir. Irawan Rusnadi, M.T
NIP. 1967020211944031004**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi
S1 (Terapan) Teknik Energi**

Ketua Jurusan Teknik Kimia

**Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIP. 195804241993031001**

**Ir. Robert Junaidi, M.T
NIP. 196607121993031103**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PENGERING DI TINJAU DARI *SPECIFIC ENERGY CONSUME* PADA KERUPUK

(Mahathir Marliansyah, 2015, 60 Halaman, 6 Tabel, 10 Gambar, 4 Lampiran)

Pengeringan merupakan salah satu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandung melalui penguapan energi panas. Pada proses pembuatan kerupuk, tahap sebelum masuk penggorengan adalah proses pengeringan kerupuk. Kualitas kerupuk tergantung dari kadar air yang terkandung dalam kerupuk. Oleh sebab itu dilakukan pembuatan rancang bangun alat pengering kerupuk tipe *tray dryer*. Variasi waktu 6 jam, 6,5 jam dan 7 jam merupakan variabel tak tetap untuk menghitung *Specific Energy Consume* pada kerupuk dan untuk menentukan waktu optimum proses pengeringan kerupuk. Dari hasil perhitungan, semakin lama waktu pengeringan semakin besar *Specific Energy Consume* pada kerupuk dan semakin kecil kadar air pada kerupuk. Pada waktu 6 jam SEC sebesar 1133,59 KJ/Kg dengan kadar air 12,19 %, pada waktu 6,5 jam SEC sebesar 1228,06 KJ/Kg dengan kadar air 11,73 % dan pada waktu 7 jam SEC sebesar 1322,52 KJ/Kg dengan kandungan air 11,3 %. Sehingga waktu optimum dalam proses pengeringan kerupuk adalah 7 jam.

Kata Kunci : Pengeringan, Kerupuk, *Specific Energy Consume*, kadar air, Waktu optimum

ABSTRACT

THE DESIGNING OF TRAY DRYER ON SPECIFIC ENERGY CONSUME OF CRACKER

(Mahathir Marliansyah, 2015, 60 Pages, 6 Tables, 10 Pictures, 4 Appendixes)

Drying is one way to remove or eliminate a lot of water of a substance by evaporating most of the water contained by evaporation heat energy. In the process of making crackers, frying is the stage before entering the drying process crackers. The quality depends on water content crackers contained within crackers. Therefore do Design and build a dryer-type crackers tray dryer. Variation 6 hours, 6.5 hours and 7 hours is not fixed variable to calculate Specific Energy Consume in crackers and to determine the optimum time drying process crackers. From the results of account, the longer the greater of drying time on the Specific Energy Consume smaller crackers and water content on crackers. At 6 hours the SEC at 1133.59 KJ / Kg with a water content of 12.19%, at a time of 6.5 hours the SEC at 1228.06 KJ / Kg with a water content of 11.73% and at a time of 7 hours SEC for 1322, 52 KJ / Kg with a water content of 11.3%. So that the optimum time in the drying process of crackers is 7 hours.

Keywords : Drying, Crackers, Specific Energy Consume, Water Content, Optimum Time

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran ALLAH SWT, atas segala rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam penulis haturkan pada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Banyak hal yang penulis peroleh ketika menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul “Rancang Bangun Alat Pengering Tipe *Tray* Dengan Media Uap Air Panas Ditinjau Dari Lama Waktu Pengeringan Terhadap Laju Alir Exergi Pada *Alat Heat Exchanger*”.

Penulis bersyukur karena telah menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktunya. Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan S1 Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran serta nasehat yang membangun sangatlah diharapkan untuk menjadi lebih baik lagi. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, khususnya kepada yang terhormat :

1. RD. Kusumanto, S.T.,M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Pembantu Direktur 3 Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ir. Robert Junaidi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia.
4. Zulkarnain, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia.
5. Ir. Arizal Aswan, M.T., selaku Ketua Program Studi DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Ir. Sutini Pujiastuti Lestari, M.T, selaku Dosen Pembimbing I di Politeknik Negeri Sriwijaya yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasehat serta pelajaran dalam penyelesaian Tugas Akhir.

7. H. Yohandri Bow, S.T., M.S, selaku Dosen Pembimbing II di Politeknik Negeri Sriwijaya yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan nasehat serta pelajaran dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Segenap Bapak / Ibu Dosen Teknik Kimia dan Teknik Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
9. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang telah memberi dukungan, baik moril maupun materil dan doa yang tulus untuk penulis.
10. Teman-temanku anak EGA yang telah melawati susah senang selama empat tahun ini.
11. Teman-temanku atika, dhita, yandri, indri, tunjung, bayu mahatir yang telah bersama sama mengerjakan tugas akhir ini.
12. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Program D-IV Terapan Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.
13. Semua pihak yang telah membantu selama mengerjakan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan semuanya.

Penulis mengharapkan dengan adanya Tugas Akhir ini, dapat bermanfaat bagi mahasiswa khususnya Mahasiswa Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi dan masyarakat yang membacanya.

Palembang, Juni 2015

Penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian Mutu, Iklim, Industri. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. Vol 25
- Buchori, Luqman. *Perpindahan Panas Bagian I*. 2004
- Kuswara, Sutrisno. 2009. *Macam - macam pengolahan kerupuk di Palembang*.
<http://pengolahan.kerupuk.com> diakses tanggal 21 Februari 2015.
- Hougen, Olaf A.M. Watson, Kenneth, 1959. *Chemical Process principles*. Second Edition. Japan
- Kreith, Frank. 1986. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. Ed 3th : Jakarta.
- Napitulu, H Farel, dkk. 2012. *Perancangan Alat Pengering Kakao Dengan Tipe Cabinet Dryer*. *Jurnal Dinamis*, Vol.2.
- Taib, Unarif. *Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian*. 2008
- Holman J.P 1986. *Heat Transfer*. Mc GrawHill Kogusha. LTD, Tokyo
- Mc Cabe, W.I and J.c Smith. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 4 th edition, Kogakisha. Tokyo.
- Ari. 2007. *Prototype Pengering Energi Surya*. www.academi.edu.ac.id
Diakses tanggal 20 Februari 2015
- Hasyim. 2011. *Alat Pengering Kerupuk*. www.academi.edu.ac.id
Diakses tanggal 24 Februari 2015
- Muarif. 2013. *Rancang Bangun Alat Pengering*. www.digilibpolstri.ac.id
Diakses tanggal 15 Februari 2015
- Putri. 2012. *Furnace*. www.academi.edu.ac.id
Diakses tanggal 15 April 2015
- Soemarno. 2005. *Alat Pengering*. Yogyakarta. www.academi.edu.ac.id

LAMPIRAN 1

DATA PENGAMATAN

1. Data Pengamatan Untuk Menghitung kandungan Kadar Air Pada Kerupuk

Berdasarkan praktikum pengukuran variabel untuk variasi lama waktu pengeringan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Data Pengamatan untuk menghitung kandungan kadar air pada kerupuk

Waktu (jam)	Berat sampel awal (gr)	Berat sampel akhir (gr)	Temp. kerupuk sebelum dikeringkan (°C)	Temp. Kerupuks setelah dikeringkan (°C)	Temp.masuk ruang pengering (°C)
6	1950	1174,5	25	35	65
6,5	1950	1167	25	35	65
7	1950	1162,5	25	35	65

2. Data Pengamatan Untuk Menghitung *Specific Energy Consume*

Berdasarkan praktikum pengukuran variabel untuk variasi lama waktu pengeringan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Data Pengamatan Untuk Menghitung *Specific Energy Consume*

Waktu (jam)	Kecepatan Udara (m/s)	Temp. Radiator (°C)
6	1,1	101
6,5	1,1	99

3. Data Pengamatan untuk Menghitung heat Loss pada Pengeringan Kerupuk

Data pengamatan temperatur dinding dan *stack gas* alat pengering dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Data Pengamatan untuk Menghitung heat loss

Waktu (Jam)	T ₁ (⁰ C)	T ₂ (⁰ C)	T ₃ (⁰ C)	T ₄ (⁰ C)	T ₅ (⁰ C)	T ₆ (⁰ C)	T ₇ (⁰ C)
6	65	55	51,5	53,5	51	57	51,5
6,5	65	52,5	51,5	51,5	50,5	51,5	62
7	65	55	51	54,5	51,5	54,5	51,5

Keterangan :

T₁ = temperatur masuk ruang pengering

T₂ = temperatur dinding sebelah kanan

T₃ = temperatur dinding sebelah kiri

T₄ = temperatur dinding bagian depan

T₅ = temperatur dinding bagian belakang

T₆ = temperatur dinding bagian bawah

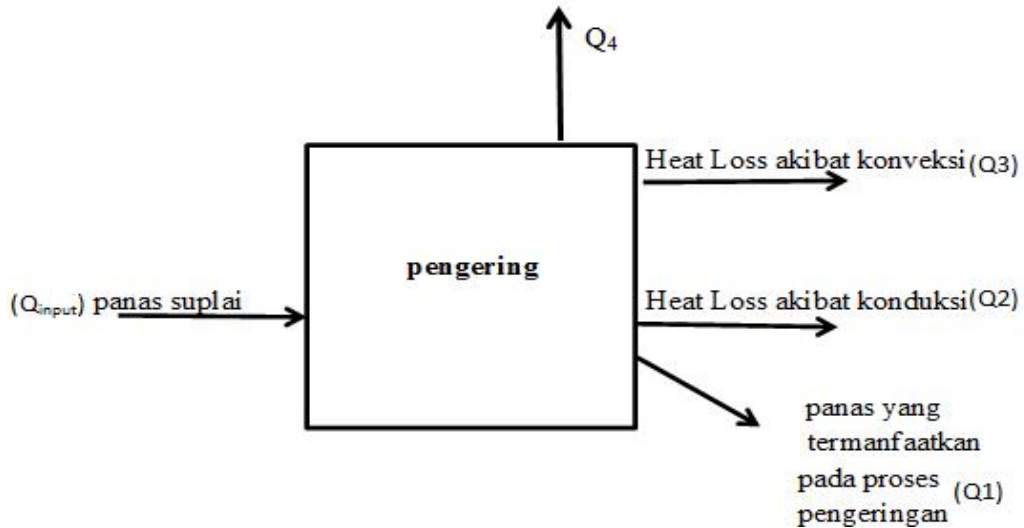
T₇ = temperatur *stack gas*

Palembang, Mei 2015

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Teknik Energi

C. Menentukan Konsumsi Energi Spesifik Pada Kerupuk



1. Total Energi yang Dibutuhkan untuk Mengeringkan Kerupuk

- a. energi untuk pemanasan kerupuk (Q_h), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_h = m_1 \times C_p \times (T_1 - T_2) \dots (Mc. Cabe, 1985)$$

$$Q_h = m_1 \times C_p \times (T_1 - T_2)$$

$$= 1950 \text{ gr} \times 1,5837 \text{ j/gr}^{\circ}\text{C} \times (65 - 28)^{\circ}\text{C}$$

$$= 114263,955 \text{ J}$$

b. Energi pemanasan air kerupuk

Diketahui :

$$\text{Berat air awal pada kerupuk} = 47,17 \% \times 1950$$

$$= 919,84 \text{ gr}$$

Energi pemanasan air kerupuk, dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_w = m_3 \times C_p \text{ air} \times (T_1 - T_2) \dots (Mc. Cabe, 1985)$$

Keterangan :

$$M_3 = \text{berat air kerupuk (gr)}$$

$$Q_w = \text{Energi pemanasan air kerupuk (J)}$$

$$Q_w = m_3 \times C_p \text{ air} \times (T_1 - T_2)$$

$$= 919,84 \text{ gr} \times 4,217 \text{ j/g}^{\circ}\text{C} \times (65 - 28)^{\circ}\text{C}$$

$$= 143521,715 \text{ J}$$

a. Energi penguapan air kerupuk

$$m_4 = m_1 - m_2$$

$$m_4 = 1950 \text{ gr} - 1174,5 \text{ gr}$$

$$m_4 = 775,5 \text{ gr}$$

Energi penguapan air kerupuk, dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left[\frac{1 - Tr_2}{1 - Tr_1} \right]^{0,38} \dots \dots \text{(Hougen, Olaf A., 1954)}$$

Keterangan:

λ_1 = panas penguapan air (g-cal/g-mol)

λ_2 = panas penguapan air pada temperatur 338 K

Tr_2 = temperatur boiling point berbanding temperatur *critical* air

Tr_1 = temperatur yang diinginkan berbanding temperature *critical* air

Temperatur *critical* air didapatkan pada *Table of liquid–vapor critical temperature and pressure for selected substances* yaitu 646,946 K

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left[\frac{1 - Tr_2}{1 - Tr_1} \right]^{0,38}$$

$$Tr_1 = \frac{T_b}{T_c} = \frac{373 \text{ K}}{646,946 \text{ K}}$$

$$= 0,5765$$

$$Tr_2 = \frac{T}{T_c} = \frac{333 \text{ K}}{646,946 \text{ K}}$$

$$= 0,5301$$

Keterangan :

T_b = temperatur *boiling point* air (°C)

T = temperatur pengering (°C)

T_c = temperatur *Critical point* (°C)

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left[\frac{1 - Tr_2}{1 - Tr_1} \right]^{0,38}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 \times \left[\frac{1 - Tr_2}{1 - Tr_1} \right]^{0,38}$$

$$= 9717 \text{ cal/gmol} \times \left[\frac{1 - 0,5301}{1 - 0,5765} \right]^{0,38}$$

$$= 34,073 \text{ cal/gmol} \times \frac{4,1868 \text{ J}}{1 \text{ cal}}$$

$$= 142,66 \text{ J/gmol}$$

$$Q_l = m_4 \times \lambda_2$$

$$= 775,5 \text{ gr} \times 142,66 \text{ J/gram}$$

$$= 110632,83 \text{ J}$$

Maka didapat energi yang dibutuhkan untuk pengering kerupuk dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Q_1 = Q_h + Q_w + Q_l$$

Keterangan :

Q₁ = energi pengeringan kerupuk (J)

Q_h = energi pemanasan kerupuk (J)

Q_w = energi pemanasan air kerupuk (J)

Q_l = energi penguapan air kerupuk (J)

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_h + Q_w + Q_l \\
 &= 114263,955 \text{ J} + 143521,715 \text{ J} + 110632,83 \text{ J} \\
 &= 368418,5 \text{ J} \\
 &= 368,418 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

Karena pengeringan dilakukan selama 6 jam, maka

$$Q_1 = 368,418 \text{ KJ} \times 6 = 2210,508 \text{ KJ}$$

INPUT :

Diketahui, Luas Radiator = $0,13 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{udara}} &= 1,1 \text{ m/s} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 3960 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } V_{\text{udara}} &= \text{Luas Radiator} \times v_{\text{udara}} \\
 &= 0,13 \text{ m}^2 \times 3960 \text{ m/jam} \\
 &= 524 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Menentukan massa jenis udara :

$$P \times V = n \times R \times T$$

$$P \times V = \frac{m}{M} \times R \times T$$

$$\frac{m}{V} = \frac{M \times P}{R \times T}$$

$$= \frac{28,97 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1 \text{ jam}}{0,08205 \frac{\text{atm}}{\text{mol}} \times 301 \text{ K}}$$

$$= 1,173 \text{ Kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } m_{\text{udara}} &= \rho_{\text{udara}} \times V_{\text{udara}} \\ &= 1,173 \text{ Kg/m}^3 \times 524,03 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 614,7 \text{ Kg/jam} \end{aligned}$$

$$C_p \text{ udara} = 0,942 \text{ KJ/Kg K} \dots \dots \dots (\text{Hougen})$$

$$\begin{aligned} Q \text{ masuk} &= m \times C_p \times (T_2 - T_1) \\ &= 614,7 \text{ Kg/jam} \times 0,942 \text{ KJ/Kg K} \times (338 - 303) \text{ K} \\ &= 20266,954 \text{ KJ/jam} \end{aligned}$$

Karena pengeringan dilakukan selama 6 jam, maka :

$$\begin{aligned} Q \text{ masuk} &= 20266,954 \text{ KJ/jam} \times 6 \text{ jam} \\ &= 121601,7249 \text{ KJ} \end{aligned}$$

OUTPUT :

1. Heat loss akibat konveksi

Heat loss akibat konveksi meliputi heat loss pada dinding atas, bawah, kanan, kiri, depan dan dinding belakang

a. Menghitung kalor lepas pada dinding kanan

Untuk menghitung kalor lepas pada dinding maka digunakan temperatur masuk ruang pengering dan temperatur pada dinding kanan berikut ini

$$T_1 = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Keterangan :

T_1 = temperatur didalam ruang pengering ($^\circ\text{C}$)

T_2 = temperatur pada dinding kanan ($^\circ\text{C}$)

Pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) dapat diperoleh Sifat-sifat udara pada suhu

diatas yaitu:

$$T_f = \frac{65+55}{2} = 58 + 273 = 331 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{331 \text{ K}} = 3,02 \times 10^{-3}$$

$$v = 18,83 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02858 \text{ w/m}^0\text{C}$$

$$Pr = 0,701$$

Dari sifat-sifat diatas Hasil perkalian Grashof-pradt dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Gr\delta Pr &= \frac{g\beta (T_1 - T_2)\delta^3}{v^2} \times Pr \quad (\text{Holman,1995 hal 317}) \\ &= \frac{(9,8)(3,02 \times 10^{-3}) \times (65-55) \times 1^3}{(18,83 \times 10^{-6})^2} \times 0,701 \\ &= 558109409,8 \end{aligned}$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka didapat $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^n$$

$$Nu = 0,061 (558109409,8)^{1/3}$$

$$Nu = 25,66$$

Maka koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \dot{h} &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 25,66 \times \frac{0,02858 \text{ w/m}^0\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,488 \text{ w/m}^2\text{.}^0\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi (1,5 x 0,705) m dan perpindahan kalor adalah

$$Q = \dot{h} A (T_1 - T_2)$$

Keterangan :

Q = Perpindahan kalor (KWH)

h = Koefisien perpindahan panas ($w/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = luas aliran konveksi (m^2)

T_1 = Temperatur ruang pengering ($^\circ C$)

T_2 = temperatur pada dinding kanan ($^\circ C$)

$$Q = h A (T_1 - T_2)$$

$$= 0,488 w/m^2 \cdot ^\circ C \cdot 1,0575 m^2 \times (65 - 55) ^\circ C$$

$$= 3,096 W \frac{3,6 KJ}{1 W}$$

$$= 11,14 KJ$$

b. Menghitung Kalor Lepas pada dinding kiri

$$T_1 = 65 ^\circ C$$

$$T_3 = 52 ^\circ C$$

Sifat-sifat udara pada suhu diatas dapat diperoleh pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) sebagai berikut.

$$T_f = \frac{65+51,5}{2} = 56,25 + 273 = 329,25 K$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{329,25 K} = 3,03 \times 10^{-3}$$

$$v = 18,65 \times 10^{-6} m^2/s$$

$$k = 0,02845 w/m^\circ C$$

$$Pr = 0,7015$$

Hasil perkalian Grashof-pradtl dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$Gr\delta Pr = \frac{g\beta (T_2 - T_1)\delta^3}{v^2} \times Pr \quad (\text{Holman,1995 hal 317})$$

$$= \frac{(9,8)(3,03 \times 10^{-8})(65-51,5) \times 1^3}{(18,65 \times 10^{-6})^2} \times 0,7015$$

$$= 568934555,7$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^m$$

$$Nu = 0,061 (568934555,7)^{1/3}$$

$$Nu = 25,81$$

Koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \bar{h} &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 25,81 \times \frac{0,02845 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,4895 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi ($1,5 \times 0,705$) m dan perpindahan kalor adalah

$$\begin{aligned} Q &= \bar{h} A (T_1 - T_3) \\ &= 0,4895 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 1,0575 \text{ m}^2 \times (65 - 52) ^{\circ}\text{C} \\ &= 4,917 \text{ W} \frac{3,6 \text{ KJ}}{1 \text{ W}} = 17,7 \text{ KJ} \end{aligned}$$

c. Menghitung Kalor Lepas pada dinding depan

$$T_1 = 65^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 54^{\circ}\text{C}$$

Sifat-sifat udara pada suhu diatas dapat diperoleh pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) sebagai berikut.

$$T_f = \frac{65+54}{2} = 57,25 + 273 = 330 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{330 \text{ K}} = 3,03028 \times 10^{-3}$$

$$v = 18,75 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02853 \text{ w/m}^0\text{C}$$

$$Pr = 0,7013$$

Hasil perkalian Grashof-pradtl dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Gr\delta Pr &= \frac{g\beta (T_1 - T_4)\delta^3}{v^2} \times Pr \quad (\text{Holman, 1995 hal 317}) \\ &= \frac{(9,8)(3,03028 \times 10^{-3}) \times (65 - 54) \times 1^3}{(18,75 \times 10^{-6})^2} \times 0,7013 \\ &= 443960676,7 \end{aligned}$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^n$$

$$Nu = 0,061 (568934555,7)^{1/3}$$

$$Nu = 23,96$$

Koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} h &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 23,96 \times \frac{0,02853 \text{ w/m}^0\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,4557 \text{ w/m}^2 \cdot ^0\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi (1,5 x 0,705) m dan perpindahan kalor adalah

$$\begin{aligned} Q &= h A (T_1 - T_4) \\ &= 0,4557 \text{ w/m}^2 \cdot ^0\text{C} \cdot 1,0575 \text{ m}^2 \times (65 - 54) ^0\text{C} \\ &= 3,614 \text{ W} \frac{3,6 \text{ KJ}}{1 \text{ W}} \end{aligned}$$

$$= 11,39 \text{ KJ}$$

d. Menghitung Kalor Lepas pada dinding belakang

$$T_1 = 65$$

$$T_5 = 51$$

Sifat-sifat udara pada suhu diatas dapat diperoleh pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) sebagai berikut.

$$T_f = \frac{65+51}{2} = 58 + 273 = 329 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{329 \text{ K}} = 3,039 \times 10^{-3}$$

$$\nu = 18,63 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02843 \text{ w/m}^0\text{C}$$

$$Pr = 0,7016$$

Hasil perkalian Grashof-pradtl dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Gr\delta Pr &= \frac{g\beta (T_1 - T_5)\delta^3}{\nu^2} \times Pr && \text{(Holman,1995 hal 317)} \\ &= \frac{(9,8)(3,039 \times 10^{-3})(65-51) \times 1^3}{(18,63 \times 10^{-6})^2} \times 0,7016 \\ &= 602033483,6 \end{aligned}$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^n$$

$$Nu = 0,061 (602033483,6)^{1/3}$$

$$Nu = 26,25$$

Koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \dot{h} &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 26,25 \times \frac{0,02843 \text{ w/m}^0\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,4993 \text{ w/m}^2 \cdot 0\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi (1,5 x 0,705) m dan perpindahan kalor adalah

$$\begin{aligned} Q &= \dot{h} A (T_1 - T_5) \\ &= 0,4993 \text{ w/m}^2 \cdot 0\text{C} \cdot 1,0575 \text{ m}^2 \times (61 - 51) ^0\text{C} \\ &= 3,960 \text{ W} \frac{3,6 \text{ KJ}}{1 \text{ W}} \\ &= 14,256 \text{ KJ} \end{aligned}$$

e. Menghitung Kalor Lepas pada dinding bawah

$$T_1 = 65 ^0\text{C}$$

$$T_6 = 57 ^0\text{C}$$

Sifat-sifat udara pada suhu diatas dapat diperoleh pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) sebagai berikut.

$$T_f = \frac{65+57}{2} = 59 + 273 = 332 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{329 \text{ K}} = 3,012 \times 10^{-3}$$

$$\nu = 18,93 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02886 \text{ w/m}^0\text{C}$$

$$Pr = 0,700$$

Hasil perkalian Grashof-pradtl dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$Gr\delta Pr = \frac{g\beta (T_1 - T_6)\delta^3}{\nu^2} \times Pr \quad (\text{Holman,1995 hal 317})$$

$$= \frac{(9,8)(3,012 \times 10^{-3}) \times (65-57) \times 1^3}{(18,93 \times 10^{-6})^2} \times 0,700$$

$$= 231168889,6$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^m$$

$$Nu = 0,061 (231168889,6)^{1/3}$$

$$Nu = 19,701$$

Koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \dot{h} &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 19,701 \times \frac{0,02866 \text{ w/m}^{\circ}\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,3764 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi (1,5 x 0,705) m dan perpindahan kalor adalah

$$\begin{aligned} Q &= \dot{h} A (T_1 - T_6) \\ &= 0,3764 \text{ w/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 1,0575 \text{ m}^2 \times (65 - 57) ^{\circ}\text{C} \\ &= 2,985 \text{ W} \frac{3,6 \text{ KJ}}{1 \text{ W}} \\ &= 10,746 \text{ KWH} \end{aligned}$$

f. Menghitung Kalor Lepas pada dinding atas

$$T_1 = 65 ^{\circ}\text{C}$$

$$T_7 = 52 ^{\circ}\text{C}$$

Sifat-sifat udara pada suhu diatas dapat diperoleh pada Tabel A-5 (JP Holman: 589) sebagai berikut.

$$T_f = \frac{65+52}{2} = 56,25 + 273 = 329,25 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{329,25 \text{ K}} = 3,03 \times 10^{-3}$$

$$\nu = 18,65 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k = 0,02845 \text{ w/m}^0\text{C}$$

$$Pr = 0,7015$$

Hasil perkalian Grashof-pradtl dengan jarak antara radiator dan plat atas, δ adalah 1 m, dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Gr\delta Pr &= \frac{g\beta(T_s - T_f)\delta^3}{\nu^2} \times Pr \quad (\text{Holman, 1995 hal 317}) \\ &= \frac{(9,8)(3,03 \times 10^{-3})(65-52) \times 1^3}{(18,65 \times 10^{-6})^2} \times 0,7015 \\ &= 568934555,7 \end{aligned}$$

Untuk geometri benda padat tak teratur dari table 7-1 (JP Holman) maka $c = 0,061$ dan $n = 1/3$, sehingga angka nusselt menjadi :

$$Nu = c (Gr\delta Pr)^n$$

$$Nu = 0,061 (568934555,7)^{1/3}$$

$$Nu = 25,81$$

Koefisien perpindahan-kalor dapat dihitung :

$$\begin{aligned} h &= Nu \times \frac{k}{L} \\ &= 25,81 \times \frac{0,02845 \text{ w/m}^0\text{C}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 0,4895 \text{ w/m}^2 \cdot ^0\text{C} \end{aligned}$$

Luas Aliran konveksi (1,5 x 0,705) m dan perpindahan kalor adalah

$$\begin{aligned}
Q &= \dot{h} A (T_1 - T_7) \\
&= 0,4895 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot 1,0575 \text{ m}^2 \times (65 - 51,5) ^\circ\text{C} \\
&= 4,917 \text{ W} \frac{3,6 \text{ KJ}}{1 \text{ W}} \\
&= 17,7 \text{ KJ}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q \text{ total konveksi} &= 11,14 \text{ KJ} + 17,7 \text{ KJ} + 11,39 \text{ KJ} + 14,256 \text{ KJ} + 10,746 \text{ KJ} + 17,7 \\
&= 82,932 \text{ KJ} \times 6 = 497,592 \text{ KJ}
\end{aligned}$$

3. Heat Loss Akibat Konduksi

Heat loss akibat konduksi meliputi heat loss pada dinding atas, bawah, kanan, kiri, depan dan dinding belakang.

Untuk menghitung heat loss pada ruan pengering maka digunakan persamaan berikut :

$$Q = \frac{KA(T_2 - T_1)}{x} \dots \dots \dots (\text{Mc. Cabe, 1985})$$

a. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\begin{aligned}
\text{Diketahui, } T_1 &= 54 ^\circ\text{C} & A &= 1,05 \text{ m}^2 \\
T_2 &= 33 ^\circ\text{C} & x &= 0,005 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (54 - 33) ^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 71883 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 71,883 \text{ KJ}$$

b. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\begin{aligned}
\text{Diketahui, } T_1 &= 52 ^\circ\text{C} & A &= 1,05 \text{ m}^2 \\
T_2 &= 33 ^\circ\text{C} & x &= 0,005 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (52 - 33) ^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 65037 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 65,037 \text{ KJ}$$

c. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\text{Diketahui, } T_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C} \quad A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 33 \text{ }^\circ\text{C} \quad x = 0,005 \text{ m}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (55 - 33)^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 75306 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 75,306 \text{ KJ}$$

d. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\text{Diketahui, } T_1 = 51 \text{ }^\circ\text{C} \quad A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 33 \text{ }^\circ\text{C} \quad x = 0,005 \text{ m}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (51 - 33)^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 61614 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 61,614 \text{ KJ}$$

e. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\text{Diketahui, } T_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C} \quad A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 33 \text{ }^\circ\text{C} \quad x = 0,005 \text{ m}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (55 - 33)^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 75306 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 75,306 \text{ KJ}$$

f. Menghitung Heat Loss pada dinding depan ruang pengering

$$\text{Diketahui, } T_1 = 52 \text{ }^\circ\text{C} \quad A = 1,05 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 33 \text{ }^\circ\text{C} \quad x = 0,005 \text{ m}$$

$$Q = \frac{16,3 \frac{\text{J}}{\text{m}^\circ\text{C}} \times 1,05 \text{ m}^2 \times (52 - 33)^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}$$

$$Q = 65037 \text{ J} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 65,037 \text{ KJ}$$

$$Q \text{ konduksi} = 71,883 \text{ KJ} + 65,037 \text{ KJ} + 75,306 \text{ KJ} + 61,614 \text{ KJ} + 75,306 \text{ KJ} + 65,037 \text{ KJ} = 414,183 \text{ KJ} \times 6 = 2485,098 \text{ KJ}$$

3. panas keluar cerobong pengering (Q4)

$$\begin{aligned}
Q_4 &= Q_{\text{input}} - (Q_1 + Q_2 + Q_3) \\
&= 121601,72\text{KJ} - (2210,5 \text{ KJ} + 2485,09 \text{ KJ} + 497,5 \text{ KJ}) \\
&= 116408,63 \text{ KJ}
\end{aligned}$$

4. Menghitung Energi Spesifik

$$\text{Energi yang dimanfaatkan} = 2210,508 \text{ KJ}$$

$$\text{Massa kerupuk kemplang} = 1,95 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
\text{Energi spesifik} &= \frac{\text{Energi yang terpakai}}{\text{massa kerupuk kemplang}} \\
&= 2210,508 \text{ KJ} / 1,95 \text{ Kg} \\
&= 1133,59 \text{ KJ/Kg}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, didapatkan konsumsi energi spesifik pada waktu 6,5 jam dan 7 jam. Seperti pada tabel berikut :

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil perhitungan Konsumsi Energi Spesifik

No	Waktu Pengeringan (Jam)	<i>Specific Energy Consume (SEC) (KJ/Kg)</i>
1	6	1133,59
2	6,5	1228,06
3	7	1322,52

