

## PEMILIHAN KAPASITAS PANAS DAN TEMPERATUR UDARA ALAT PENUKAR KALOR SHELL HELICAL COIL MULTI TUBE UNTUK KEBUTUHAN PENGERING GABAH TIPE ROTARI DENGAN MEMANFAATKAN THERMAL GAS BUANG MESIN DIESEL

Zainuddin<sup>1</sup>, Jufrizal<sup>2</sup>, Eswanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan

<sup>2</sup>Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Medan

Jalan Gedung Arca No. 52 Medan 20217

E-mail [zainuddin57@gmail.com](mailto:zainuddin57@gmail.com)

### Keywords :

APK *helical coil*  
Kalor  
Temperatur  
Pengereng rotari

### Abstract :

Studi eksperimen memanfaatkan termal gas buang mesin *diesel* melalui alat penukar panas *shell helical coil multi tube* untuk pengering perlu dilakukan percobaan, agar ketergantungan minyak akan berkurang. Panas yang dikeluarkan gas buang mesin diesel dipergunakan memanasi udara pengering gabah dengan mempergunakan pengering tipe Rotari. Gabah seberat 50 kg dengan kadar air 20-24% akan dikeringkan hingga mencapai basis kadar basah 12%-14% guna mencegah terjadinya jamur dan petani tidak lagi tergantung dengan sinar matahari. Udara yang di panasi menyerap termal dari gas buang mesin diesel pada temperatur gas buang 63-155°C mempergunakan alat penukar kalor pada temperatur awal 30°C. Studi utama pengujian ini untuk memilih kapasitas panas, temperatur dan laju aliran massa udara yang dapat dipergunakan sebagai pengeringan gabah dengan waktu yang singkat. Alat tersebut mempunyai dimensi; panjang *shell* 1,05 m, diameter 0,1524 m, panjang *tube* 3,25 m dengan 20 lilitan, diameter *tube* 0,011 m, diameter *coil* 0,0508 m dengan jumlah *helical coil* 4 buah. Jenis mesin *Diesel* yang digunakan dalam pengujian ini adalah 4FB1 Isuzu *Diesel engine* dan pengering tipe rotari mempunyai dimensi: diameter 0,5m dan lebar 0,7m. Hasil yang diperoleh dari percobaan alat penukar panas shell helical coil multi tube untuk mengeringkan gabah basis basah 14% diperlukan kalor 19374,89 kJ pada temperatur udara 46,7°C dengan panas yang tersedia 2248.177 kJ/h, laju aliran massa udara 0,057383 kg/s waktu pengeringan 8 jam 36 menit, sedangkan waktu tercepat untuk pengeringan gabah basis basah 14% pada suhu udara 70,4 °C dibutuhkan panas 18932,03kJ dan panas yang tersedia 12065,69 kJ/h dengan laju aliran massa udara 0,0828 kg/s waktu pengeringan 1jam, 33 menit.

### PENDAHULUAN

Penggunaan alat penukar kalor banyak digunakan dalam berbagai jenis instalasi seperti pada proses pengolahan minyak kelapa sawit menjadi CPO, pembangkit tenaga listrik dan merupakan peralatan yang dibangun untuk perpindahan panas yang efisien dari satu medium ke medium yang lain, merupakan cairan maupun gas. Dalam hal ini alat tersebut akan dipergunakan untuk memanaskan udara yang dialirkan ke ruang pengering tipe rotari untuk mengeringkan gabah. Ruang pengering bagian dalam diberi bersisif dan berfungsi membalikan gabah yang akan dikeringkan sehingga pengeringan akan merata. Penggunaan penggunaan alat penukar kalor jenis *helical coil multi tube*. *Helical coil* sangat efektif untuk penukar kalor dengan daerah transfer panas

yang besar di ruangan kecil dan koefisien perpindahan panas global yang cukup tinggi dibanding kan dengan alat penukar kalor dan disisi lain penurunan tekanan disisi helical cukup tinggi sejalan naiknya *Reynolds number* disisi *helical coil* dibandingkan alat penukar kalor dengan tabung lurus ( zainuddin, 2016).

Pemanfaatan thermal dari gas buang yang keluar dari mesin diesel perlu dikaji, mengingat pabrik penggilingan gabah masih memanfaatkan mesin diesel sebagai penggerak, sehingga dapat mengemat biaya dari pemaakaan minyak sebagai penghemat energi yang tidak dapat diperbarui. Pada umumnya kadar air gabah basah (baru dipanen) masih cukup tinggi sekitar 20-27 %. (Waries A,2006). Pada tingkat kadar air tersebut, gabah tidak aman disimpan karena sangat mudah terserang jamur. Sehingga agar aman

disimpan, gabah perlu dikeringkan hingga mencapai kadar air keseimbangan, yaitu sekitar 14%. Hal ini sesuai dengan pedoman pengolahan hasil paska panen gabah yaitu hasil tanaman gabah yang telah dilepas dari tangkainya dengan cara perontokkan, dikeringkan, dan dibersihkan yang memiliki kadar air 13-14 % untuk penyimpanan jangka panjang (Karbasi, dkk, 2008), (Graciafernandy dkk, 2012). Oleh karena itu dalam keadaan ini dibutuhkan proses pengeringan dengan waktu yang relatif lebih cepat dengan kadar air yang merata. maka dibutuhkan pemanas udara dan untuk mengatur suhu panas yang digunakan sebagai mesin pengering gabah yang dapat dikontrol.

Secara umum, temperatur udara yang tinggi dapat mempercepat proses pengeringan, namun temperatur yang melebihi dari temperatur 50°C untuk pengering ikan harus dihindari karena dapat menyebabkan bagian luar produk ikan sudah kering, bagian dalam masih kondisi basah.(Endri Yani dkk,2009). Proses pengeringan gabah dengan sistem *fluidised bed dryer* dapat berlangsung pada temperatur medium antara 50-90 °C (Djaeni,2008) dengan waktu relatif singkat. Taman, Zuhri (2005) melakukan penelitian dengan mesin pengering gabah tipe aliran campur (*mixed-flow dryer*) kapasitas 10 ton dengan waktu pengeringan 6 jam 43 menit pada temperatur udara pengering 75-90 °C Percobaan dengan kapasitas panas dan temperatur udara yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas udara pengering gabah dengan waktu relatif singkat tanpa terjadi kerusakan pada gabah

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini terlaksana bantuan dan kerja antara Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) Republik Indonesia melalui KOPERTIS WILAYAH-I dengan tim peneliti dari Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Medan yang kegiatannya dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Jurusan Teknik Mesin. Peralatan Utama yang digunakan dalam pengujian pengering gabah adalah alat penukar kalor *helical coil multi tube* dan pengering tipe rotari seperti terlihat pada gambar 2. Dimensi dan instalasi dari alat penukar kalor *helical coil* yang dipergunakan yaitu

Tabel 1. Parameter dimensi dari *helical coil*

No.	Parameter Dimensi	Dimensi
1	Diameter Shell	0,1524 m
2	Diameter coil	0.011 m
3	Jarak antara lilitan	0.03 m
4	Tebal tube coil	0.001 m
5	Diameter coil	0,0504 m
6.	Jumlahhelical coil	4 buah
7	Panjang APK	1,046 m
8	Bahan helical coil	396 W/m.°C

Tabel 2. Parameter operasi dari helical coil

Parameter	Gas panas	Udara
Laju aliran Massa	0,03–0,8 kg/s	0,03–0,6 kg/s
Temperatur masuk	63,7–155,3 °C	30 °C
Temperatur Keluar	52,3–114,4 °C	46,7-77,9 °C

Tabel 3. Propertis dari gas buang dan udara

Propertis	Gas panas	Udara
Panas jenis (cp) (J/kg.°C)	881,2055	1006,3501
Viskositas ( $\mu$ ) (N-s/m <sup>2</sup> )	0,000016091	0,000027055
Densitas( ) (kg/m <sup>3</sup> )	1,61288605	1,621128
Konduktivitas (k) (W/m <sup>2</sup> .°C)	0,018849425	0.02698663

#### Desain Ruang Pengering Rotari

Bola,cs,(2013), mengukur dimensi ruang pengering dengan asumsi konfigurasi silinder dan massa padi 100 kg. Density gabah padi adalah 666,32 yang baru dipanen, gabah padi menempati volume ruangan 1 kg gabah padi yang baru dipanen mengisi volume  $1/666,32 = 0.001501 \text{ m}^3$ . Untuk 50 kg gabah padi akan mengisi ruangan pengering =  $0.075039 \text{ m}^3$ . Asumsi diameter drum 250 mm.

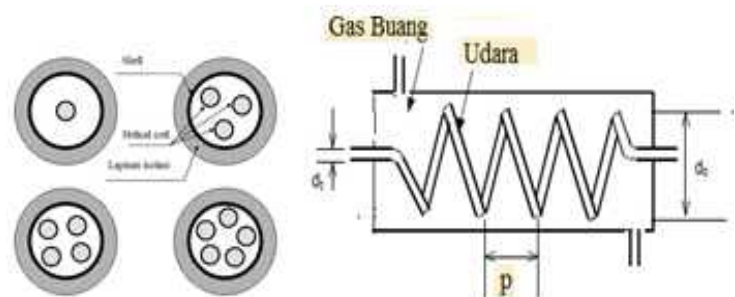
Volume = Luas penampang x Tinggi

$$\text{Tinggi} = 0,075039 / \pi \times 0,25^2 = 0.382364 \text{ m} \\ = 382 \text{ mm}$$

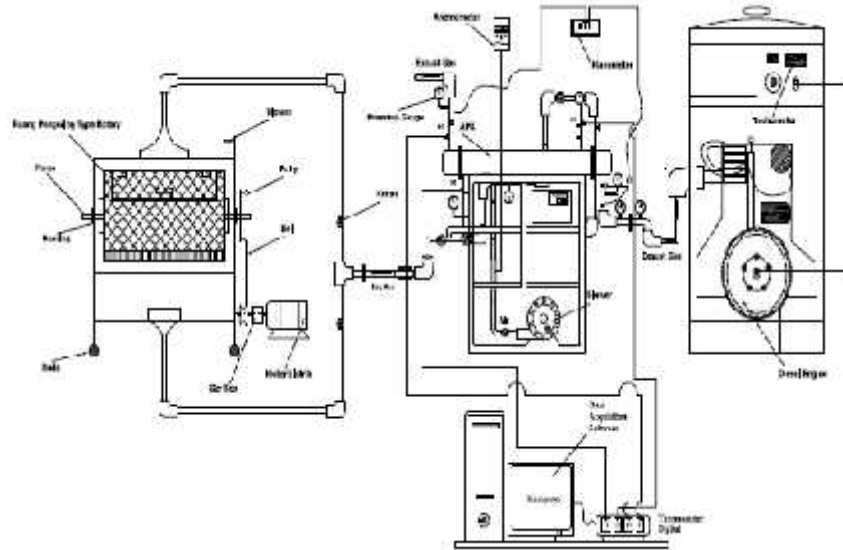
Dalam hal ruangan pengering diambil diameter drum 500 mm dan tinggi 700 mm lihat tabel 4.

Tabel 4. Parameter dimensi dari ruang pengering

No.	Parameter Dimensi	Dimensi
1	Diameter pengering	500 mm
2	Tinggi	700 mm
3	Lebar sirif	150 mm
4	Tebal sirif	10 mm



Gambar 1. *Helical coil multi tube*



Gambar 2. Instalasi Pengujian APK dan Pengering Rotari

**Prosedur Pengujian**

Prosedur pengujian dapat dilihat dari diagram alir (flow chart) pada gambar 3.

Bahan dan Alat.

Bahan yang digunakan adalah gabah basah dari hasil panen sebanyak 50 kg dengan kadar air sebelum dikeringkan berkisar antara 22-24 %. Alat yang digunakan adalah APK tipe *helical coil*, mesin pengering tipe rotari, termometer digital, pressure gage, sensor tipe K, timbangan digital, pengukur kadar air, alat pengukur RH dan jam.

Pengumpulan dan Analisis Data. Penelitian yang dilakukan secara deskriptif kuantitatif, data yang diperoleh disusun secara tabulasi dan hasilnya dalam bentuk grafik. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan kadar air selama pengeringan serta kalor, temperatur dan laju aliran massa udara. Pengamatan dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :  
Besarnya kalor yang dihasilkan gas buang adalah

$$\begin{aligned}
 Q_h &= m_h \times C_{p_h} \times (\Delta T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (1) \\
 &= 0.643656 \times 929,84 \times (113,2 - 107,6) \\
 &= 12065,693 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

dimana :

$Q_h$  = Kalor yang dihasilkan gas buang ( kJ/s )

$m_h$  = Laju aliran massa gas buang (kg/s)

$C_{p_h}$  = Panas jenis gas buang (kJ/kg °C)

$T_{h,i}$  = Temperatur gas buang keluar *anulus* (°C)

$T_{h,o}$  = Temperatur gas buang keluar *anulus* (°C)



Gambar 3. Diagram alir Pengujian

Energi dalam keadaan setimbang

$$Q_h = Q_c$$

$$m_c = \frac{m_h c_{p_h} (Th_i - Th_o)}{C_{p_c} (Tc_o - Tc_i)} \quad (2)$$

$$= \frac{0,643656.929,84(113,2 - 107,6)}{1007,1(70,4 - 30,1)}$$

$$= 0,0828 \text{ kg/s}$$

dimana :

$Q_c$  = Kalor yang diserap udara ( kJ/s )

$m_c$  = Laju aliran massa udara (kg/s)

$C_{p_c}$  = Panas jenis udara (kJ/kg °C)

$T_{c,o}$  = Temperatur udara keluar *tube coil* (°C)

$T_{c,i}$  = Temperatur udara masuk *tube coil* (°C)

### Perpindahan Panas Dengan Menggunakan Metode LMTD

Kalor yang berpindah secara perpindahan panas yaitu :

$$Q_{\text{rata-rata}} = U_o \cdot A_o \cdot \text{LMTD} \quad (3)$$

dimana :

$Q$  = Kalor rata-rata yang dipindahkan secara perpindahan panas (kW)

$U_o$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (kW/m<sup>2</sup>°C)

LMTD = *Log Mean Temperatur Difference* (°C)

$$\text{LMTD} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln \left( \frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,o} - T_{c,i}} \right)} \quad (4)$$

Untuk mencari panjang helical coil ( $L_{\text{coil}}$ ), yaitu :

$$L_{\text{coil}} = N \sqrt{(2fRc)^2 + p} \quad (5)$$

dimana :

$L_{\text{coil}}$  = Panjang coil (m)

$N$  = Jumlah lilitan

$Rc$  = Jari-jari coil (m)

$P$  = Jarak antara coil (m)

Tinggi coil dapat dihitung dengan persamaan :

$$H = N \times (\text{diameter bundle}) + p \quad (6)$$

Kalor yang dibutuhkan gabah basis basah

Untuk mencari pengurangan kadar air dari gabah dapat dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu menggunakan kadar air basis basah atau menggunakan kadar air basis kering (Ekechukwu, 1999) dan pengurangan air dengan menggunakan basis basah (Postharvest Unit, CESD, 2013) dapat dihitung dengan persamaan:

$$MC_{wb} = \frac{Mo - Md}{Mo} \times 100\% \quad (7)$$

$$= \frac{50 - 44}{50} \times 100\%$$

$$= 12\%$$

sedangkan kadar air basis kering adalah massa air pada produk persatuan massa kering produk, dinyatakan dengan :

$$MC_{db} = \frac{Mo - Md}{Md} \times 100\% \quad (8)$$

$$= \frac{(50 - 44) / 44}{1} \times 100\%$$

$$= 13,636\%$$

dimana :

$MC_{wb}$  adalah kadar air basis basah (%)

$MC_{db}$  adalah kadar air basis kering (%)

$Mo$  adalah massa gabah basah (kg)

$Md$  adalah massa gabah kering (kg)

Massa air yang diuapkan :

$$W_w = \frac{100(Mo - MC_{db})}{(100 - Mo)(100 - MC_{db})} \times Md \quad (9)$$

$$= \frac{100(24 - 13,636)}{(100 - 24)(100 - 13,636)} \times 44$$

$$= 9,46 \text{ kg}$$

Laju Penguapan dapat dihitung :

$$W_p = \frac{W_w}{t} \quad (10)$$

$$= \frac{9,46}{6,59}$$

$$= 1,44 \text{ kg/jam}$$

dimana :

$t$  = waktu pengeringana (Jam)

Energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan gabah adalah fungsi kadar air yang harus diuapkan dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = W_w \times hfg \quad (11)$$

dimana :

$hfg = 4186 (595 - 0,56 \times T_p)$

$T_p$  = temperatur pengering °C

$hfg = 4186 (595 - 0,56 \times 70) = 2334,0131 \text{ kJ/kg}$

Sehingga energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = 9,46 \text{ kg} \times 2334,0131 \text{ kJ/kg}$$

$$= 22078,473 \text{ kJ}$$

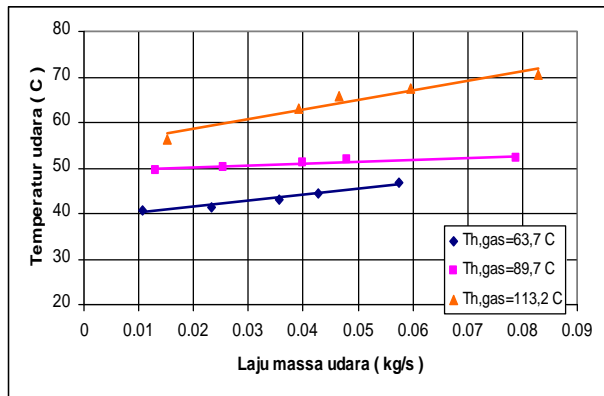
Hasil percobaan dan perhitungan selengkapnya dapat ditabelkan dan hasilnya dapat dilihat pada grafik hasil dan pembahasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Temperatur udara dan laju aliran massa udara

Pada Gambar 4 menunjukkan hubungan antara laju aliran massa udara untuk temperatur panas gas buang yang berbeda beda. Hasil percobaan menunjukkan bahwa temperatur udara yang terjadi

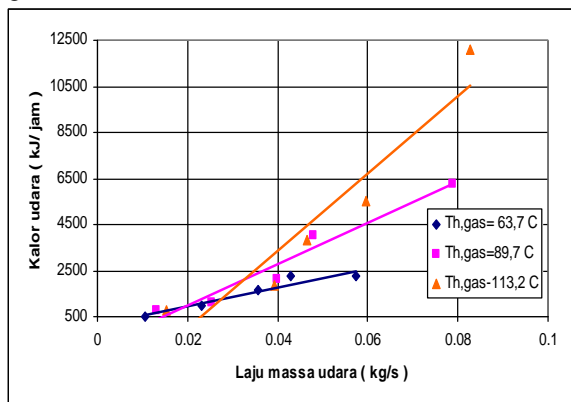
pada alat penukar kalor bertambah dengan naiknya temperatur udara yang keluar dan masuk keruangan pengering. Temperatur gas buang 63,7 °C menghasilkan temperatur udara 46,7 °C dan laju aliran massa udara 0,057383 kg/s, Temperatur gas buang 89,7 °C menghasilkan temperatur udara 52,1 °C dan laju aliran massa udara 0,078849 kg/s, Temperatur gas buang 113,2 °C menghasilkan temperatur udara 70,4 °C dan laju aliran massa udara 0,082788 kg/s.



Gambar 4. Hubungan laju aliran massa udara dengan temperatur udara

**Kalor udara dengan Laju aliran massa udara**

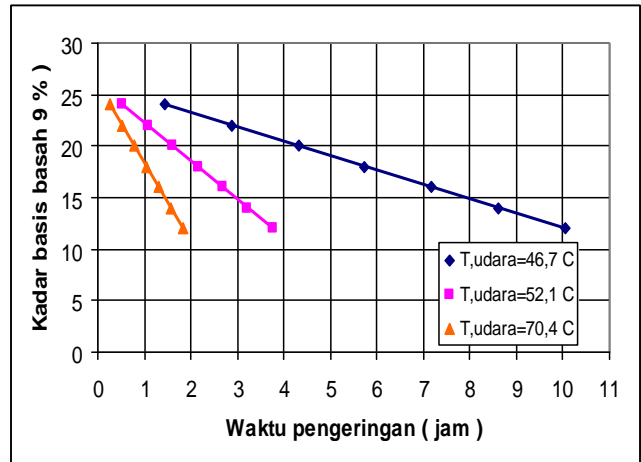
Pada Gambar 5 menunjukkan hubungan antara laju aliran massa udara untuk temperatur panas gas buang yang berbeda beda. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kalor udara yang terja di pada alat penukar kalor bertambah dengan naiknya laju aliran massa udara . Temperatur gas buang 63,7 °C menghasilkan kalor udara 2248,177 kJ/jam laju aliran massa udara 0,057383 kg/s, Temperatur gas buang 89,7 °C menghasikan kalor udara 6286,071 kJ/jam laju aliran massa udara 0,078849 kg/s, Temperatur gas buang 113,2 °C menghasikan kalor yang udara 12065,69 kJ/jam laju aliran massa udara 0,082788 kg/s.



Gambar 5 Hubungan laju aliran massa udara dengan kalor udara

**Kadar basis basah dengan aktu pengeringan**

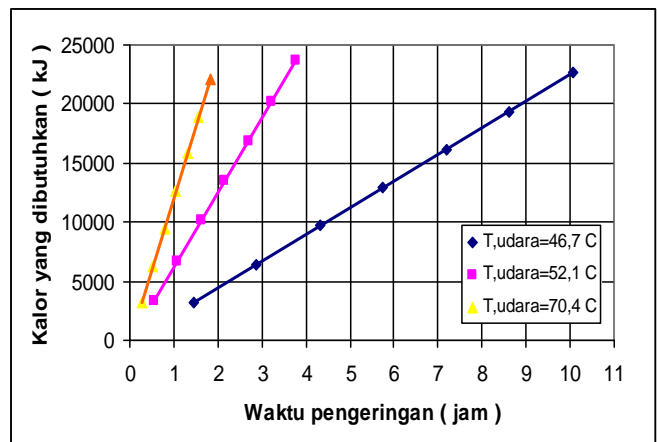
Pada Gambar 6 menunjukkan hubungan kadar basis basah dengan waktu yang diperlukan untuk menguapkan air pada gabah mencapai 14 %. Hasil percobaan dan perhitungan menunjukkan waktu 8 jam 37 menit dengan temperatur udara 46,7 °C, waktu 3 jam 13 menit dengan temperatur udara 52,1 °C, waktu 1 jam 33 menit dengan temperatur udara 70,4 °C.



Gambar 6. Hubungan waktu pengeringan dengan kadar basis basah

**Kalor dibutuhkan dengan waktu pengeringan**

Pada Gambar 7 menunjukkan hubungan Kalor yang dibutuhkan dengan waktu pengering yang diperlukan untuk menguapkan air gabah hingga mencapai 14 %. Hasil percobaan dan perhitungan menunjukkan kalor yang dibutuhkan 19374,89 kJ dengan waktu 8 jam 37 menit dengan temperatur udara 46,7 °C, kalor yang dibutuhkan 20262,5 kJ dengan waktu 3 jam 13 menit pada temperatur udara 52,1 °C, kalor yang dibutuhkan 18932,03 kJ dengan waktu 1 jam 33 menit pada temperatur udara 70,4 °C.



Gambar 7 Hubungan waktu pengeringan dengan kalor yang dibutuhkan

**KESIMPULAN**

Dari analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur udara minimum 46,7 °C laju aliran massa udara 0,057383 kg/s pada temperatur gas buang 63,3 °C dan maksimum temperatur udara 70,4 °C laju aliran massa udara 0,082788 kg/s pada temperatur gas buang 113,2 °C.
2. Kalor udara panas minimum 2248,177 kJ/jam dengan aliram massa udara 0,057383 kg/s Temperatur gas buang 63,3°C dan kalor udara Panas maksimum 12065,68 kJ/jam dengan aliran massa udara 0,082788 kg/s.
3. Untuk mendapatkan kadar basis basah 14 % diperlukan waktu pengeringan 8 jam 37 menit pada temperatur udara panas 46,7 °C dan laju aliran massa udara 0,057383 kg/s dan 1 jam 33 menit pada temperatur udara 70,4 °C. dan laju aliran massa udara 0,082788 kg/s.
4. Kalor yang dibutuhkan gabah basis basah 14 % sebesar 19374,89 kJ pada temperatur udara 46,7 °C dengan waktu 8 jam 37 menit, sedangkan pada temperatur 70,4 °C dengan waktu 1 jam 33 menit dan kalor yang dibutuhkan 18932,03 kJ.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini terlaksana bantuan dan kerja antara Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI) Republik Indonesia melalui KOPERTIS WILAYAH-I dengan tim peneliti dari Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Medan yang kegiatannya dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Jurusan Teknik Mesin – ITM .

**DAFTAR PUSTAKA**

- Amitkumar S, Outtewar, A.M. Andhare, 2015. *Design And Thermal Evaluation Of Shell And Helical Coil Heat Exchanger*. International of Journal Research in Engineering and Technology ,Vol 04 , Jan 2015
- Djaeni, M, 2008. *Energy Efficient Multistate Zeolite Drying for Heat sensitive products*, Phd Thesis, Wageningen University. Netherland, ISSN : 1978-90-8585-209-4
- Bola, Bukola,A.F, and Olanrewaju, I,S, 2013. *Design Parameter for a Small- Scale Batch in Maize Dryer*. Journal of Agricultural Sciences, Volume - 4, No. 5B, pp.90-95.
- Endri Yani, dkk, 2009. *Analisis Efisiensi Pengering Ikan Nila Pada Pengering Surya Aktif Tidak langsung*, Teknik A, No.31 ,Vol.2,pp 26-32.
- Eric M. Smith, 1997. *Thermal Design of Heat Exchangers*. Jhon Wiley & Sons, England
- Ekechukwu, O. V, 1999. *Review of solar-energy drying systems I: an overview of drying principles and theory*. Energy Conversion and Management 40: 593-613.
- Graciafernandy, Ratnawati, L.Buchori, 2012. *Pengaruh Suhu Udara Pengering dan Komposisi Zeolit 3A Terhadap Lama Waktu Pengeringan Gabah Pada Fluidized Bed Dryer*. Momentum, vol.8, No.2, pp 6-1
- Herawati, N,2011, *Teknologi Pengeringan Gabah*. Balai Pengkajian Teknolog Pertanian (BPTP), NTB.
- Karbassi, A, and Z. Mehdizabeh, 2008. *Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Dryer*, J, Agric.Sci. Technol, vol.10; 233 – 241.
- M A. Hossain, M I. Islam, S A. Ratul, 2013. *Heat Transfer Co-efficient and Effectiveness for Water Using Spiral Coil Heat Exchanger*, Global Science and Technology Journal, Vol 1, No.1. Juli 2013
- M. Zulfri, dkk,2012. *Kaji Eksperimental Sistem Pengering Hibrid Energi Surya-Biomassa Untuk Pengering Ikan*, Jurnal Teknik Mesin,Unsyiah,vol.1, Tahun 1,No.1,pp.1-7, Banda Aceh.
- N.D. Shirgire, Amit Thakur, Sanjay Sing,2014. *Comparative Study and Analysis Between helical Coil and Straight Tube Heat Exchanger*. Journal of Engineering Research and Applications, Vol 4, Agustus 2014.
- Pramod S, Purandare, Mandar M Lele, Rajkumar Gupta,2012. *Parametric Analysis of Helical Coil Heat Exchanger*, International of Journal Research in Engineering and Technology ,Vol 04 , Oktober 2012
- Taman, Zuhri, 2005, *Perancangan Mesin Pengering Gabah Tipe Aliran Campur (Mixed-Flow Dryer) Kapasitas 10 Ton/Proses*, UMM, Malang.
- Zainuddin, Jufrizal, Eswanto, 2015. *Disain dan Analisa Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Shell dan Helical coil Multi Tube Sebagai Pemenas Udara Pengering Gabah dengan Memanfaatkan Thermal Gas Buang Mesin Diesel*. Seminar Nasional Teknik Mesin ITP ,pp.1-6,.
- Zainuddin, Jufrizal, Eswanto, 2016. *The Heat Exchanger Performance of Shell and Multi Tube Helical Coil as a Heater through the Utilization of a Diesel Machine's Exhaust Gas*. Aceh International Journal and Technology, vol 5, No.1, 21 – 29, Aceh, Indonesia,
- Waries A,2006, *Teknologi Penggilingan Padi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Wiset, L., G. Szrednicki, R. Driscoll, C. Nimmuntavin,  
and P. Siwapornrak. May 2001. *Effects of High  
Temperature Drying on Rice Quality*.  
Agricultural Engineering International: the  
CIGR Journal of Scientific Research and  
Development. Manuscript FP 01 003. Vol. III.  
Postharvest Unit, CESD, 2013. *Paddy Dryer*.  
International Rice Research Institute (IRRI)  
Version 2, October 20