

**STUDI EKSPERIMEN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW CIRCULAR FIN TUBE*
VARIASI PUTARAN *ROTARY DRYER***



Tugas Akhir Ini Disusun sebagai Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Strata Satu Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh:

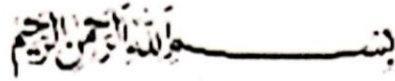
Joko Nugroho

D200150263

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2019

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR



Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Surakarta Nomor 023/II/2019 13 Februari 2019

dengan ini:

Nama : Ir. Sartono Putro, M.T.

Pangkat/Jabatan : Lektor

Kedudukan : Pembimbing

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa:

Nama : Joko Nugroho

Nomor Induk : D200150263

NIRM : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / 9

Judul/Topik : STUDI EKSPERIMEN *HEAT EXCHANGER CROSS
FLOW CIRCULAR FIN TUBE* VARIASI PUTARAN
ROTARY DRYER

Rincian Soal/Tugas : - Pengujian dengan variasi putaran *rotary dryer*

-Pengujian menggunakan beban pengeringan 1,5 kg

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan dengan
sebagaimana mestinya

Surakarta, 18 Februari 2019

Pembimbing

Ir. Sartono Putro, M.T.

Keterangan:

1. Warna biru untuk kajur
2. Warna kuning untuk pembimbing
3. Warna putih untuk mahasiswa

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**Studi Eksperimen *Heat Exchanger Cross Flow Circular Fin Tube* Variasi Putaran *Rotary Dryer***" telah disetujui oleh pembimbing tugas akhir untuk dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : JOKO NUGROHO

NIM : D200 150 263

Disetujui pada

Hari : Kamis

Tanggal : 26 / 12 / 2019

Dosen Pembimbing
Tugas Akhir



Ir. Sartono Putro, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "**Studi Eksperimen Pengujian *Heat Exchanger Cross Flow Circular Fin Tube* Variasi Putaran *Rotary Dryer***" telah dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : JOKO NUGROHO
NIM : D200 150 263

Disahkan pada

Hari : Kamis
Tanggal : 26/12/2019

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Sartono Putro, M.T.
2. Anggota 1 : Muh. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.
3. Anggota 2 : Ir. Tri Tjahjono, M.T.

(.....)
(.....)
(.....)

Mengetahui

Dekan
Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

(Signature)
Ir. Subroto, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : JOKO NUGROHO

NIM : D200 150 263

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin

Judul : **Studi Eksperimen Pengujian *Heat Exchanger*
Cross Flow Circular Fin Tube Variasi Putaran
*Rotary Dryer***

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya tulis yang penulis buat sendiri sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, kecuali beberapa sumber kutipan dan ringkasan yang telah penulis cantumkan sebagaimana mestinya dalam karya tulis ini.

Surakarta, November 2019

Yang menyatakan



Joko Nugroho

MOTTO

“Karena sesungguhnya Allah SWT akan mendatangkan kemudahan
setelah kita ditimpa kesusahan”
(QS Al-insyiroh ayat 5-6)

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga
mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
(QS. Ar Ra’d: 11)

“Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlh untuk tenang dan sabar”
(Khalifa Umar)

“Berusaha dan Berdo’a. Biarlah Allah menentukan hasilnya.”
(Joko Nugroho)

PERSEMBAHAN

Karya ini merupakan suatu wujud akhirku dalam menggapai gelar sarjana sebagai tanggung jawabku kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta atas do'a dan kasih sayang yang diberikan selama ini.
2. Kakak dan adik yang telah memberikan motivasi dan semangat.
3. Teman-teman seperjuangan yang saya sayangi.
4. Almamater yang kubanggakan.
5. Dan untuk kehidupanku.

STUDI EKSPERIMEN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW CIRCULAR FIN TUBE* VARIASI PUTARAN *ROTARY DRYER*

Joko Nugroho, Sartono Putro

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : masjokonugroho31@gmail.com

Abstrak

Alat penukar kalor adalah alat yang digunakan untuk memindahkan kalor dari satu sistem menuju sistem yang lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan putaran *rotary dryer* yang optimum dalam proses pengeringan singkong dilihat dari pengurangan massa singkong, kalor yang diterima singkong, efisiensi *rotary dryer*, dan efisiensi unit *heat exchanger*. Variasi putaran yang digunakan adalah 26,25 rpm; 30 rpm; 42 rpm; dan 70 rpm. Penelitian ini menggunakan beban pengeringan 1,5 kg. Aliran yang digunakan adalah aliran menyilang, dimana fluida dingin dialirkan menuju *heat exchanger* melalui *tube*. Fluida dingin tersebut akan menerima kalor dari fluida panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas LPG. Fluida panas dialirkan pada *shell heat exchanger*. Fluida dingin yang telah menerima kalor dan dialirkan dalam *tube heat exchanger* akan keluar menuju mesin pengering yang digunakan dalam mengeringkan singkong. Pada *heat exchanger cross flow circular fin tube* dengan beban pengeringan 1,5 kg, hasil optimal yang diperoleh pada kecepatan putaran 26,25 rpm dengan perubahan massa singkong sebesar 14,6 %, kalor yang diterima singkong sebesar 2675565,8 J, efisiensi *rotary dryer* 47,8 %, dan efisiensi *heat exchanger* sebesar 26,9 %.

Kata kunci : *heat exchanger*, kalor, kecepatan *rotary dryer*

**STUDI EKSPERIMEN PENGUJIAN *HEAT EXCHANGER CROSS FLOW*
CIRCULAR FIN TUBE VARIASI PUTARAN *ROTARY DRYER***

Joko Nugroho, Sartono Putro

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : masjokonugroho31@gmail.com

Abstract

Heat exchanger is a device used to move heat from one to another system. The purpose of this research is to get optimum rotary dryer rotation in cassava drying process as seen from the reduction in cassava mass, the heat received by cassava, efficiency of the rotary dryer, and efficiency of the heat exchanger unit. The rotation variations used were 26,25 rpm; 30 rpm; 42 rpm; and 70 rpm. This research of drying load 1,5 kg. The flow used is cross flow, where cold fluid is flowed to the heat exchanger through the tube. Cold fluid will receive heat from the hot fluid produced from the combustion process of LPG gas. Hot fluid is supplied to the shell heat exchanger. Cold fluid that has received heat and is flowed in a heat exchanger tube will come out to the drying machine used in drying cassava. In heat exchanger cross flow circular fin tube with 1,5 kg drying load, optimal results obtained at a rotation speed of 26,25 rpm with a change in cassava mass of 14,6 %, the heat received by cassava at 2675565,8 J, efficiency of rotary dryer 47,8 %, and heat exchanger efficiency of 26,9 %.

Keywords: heat exchanger, heat, rotary dryer speed

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Eksperimen Pengujian *Heat Exchanger Circular Fin Tube* Variasi Putaran *Rotary Dryer*”** dengan lancar tanpa kendala yang berarti. Penulis tidak akan berhasil menyelesaikan laporan ini tanpa adanya bimbingan dan bantuan dari semua pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan motivasi, doa, semangat, dan semua upaya yang beliau lakukan, serta kakak, adik, dan seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Subroto, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Sartono Putro, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, dan masukan dengan sabar.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan bimbingan dengan sabar.
6. Bapak Patna Partono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan masa perkuliahan.
8. Rekan seperjuangan dalam pengerjaan tugas akhir ini, Rouf Muhammad, Shofriyanto H.P, Adi Faisal Nurhasan, Yudi Irwansyah, dan Beno Ilham Ramadhan.

9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki beberapa kekurangan pada pembahasan, isi ataupun mutu keilmiahannya. Untuk itu, penulis berharap adanya kritik dan saran dari pembimbing dan pembaca demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat menjadi pengembang wawasan serta bermanfaat dalam pengembangan pengetahuan pada bidang teknologi mesin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, November 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR RUMUS	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3

1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 Pandangan Umum tentang Alat Penukar Kalor	8
2.2.2 Jenis-jenis <i>Heat Exchanger</i>	9
2.2.3 Perpindahan Panas	14
2.2.4 Teori Keseimbangan Kalor	17
2.2.5 Pengeringan	19
2.2.6 Jenis-jenis Alat Pengering	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian	24
3.2 Instalasi Penelitian	24
3.3 Bahan Penelitian	25
3.4 Alat Penelitian	26
3.5 Diagram Alir Penelitian	33
3.6 Prosedur Penelitian	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Dimensi <i>Air Heater</i>	36
4.2 Data Dimensi <i>Rotary Dryer</i>	37

4.3 Data Hasil Pengujian	37
4.4 Analisa Perhitungan	39
4.5 Pembahasan	45

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Concentric Tube</i>	10
Gambar 2.2	Skema <i>Shell</i> dan <i>Tube</i>	10
Gambar 2.3	<i>Shell</i> dan <i>Tube</i> Satu Lintas	11
Gambar 2.4	<i>Shell</i> dan <i>Tube</i> Dua Lintas	11
Gambar 2.5	Konfigurasi Aliran pada <i>Cross Flow</i>	12
Gambar 2.6	<i>Plate</i> dan <i>Frame</i>	13
Gambar 2.7	Perpindahan Panas Konduksi pada Dinding	15
Gambar 2.8	Perpindahan Panas Konveksi	16
Gambar 2.9	Skema Konsep Keseimbangan Kalor	18
Gambar 2.10	<i>Tray Dryer</i>	22
Gambar 2.11	<i>Spray Dryer</i>	22
Gambar 2.12	<i>Rotary Dryer</i>	23
Gambar 3.1	Skema Instalasi Penelitian	24
Gambar 3.2	Singkong	25
Gambar 3.3	Gas LPG	26
Gambar 3.4	<i>Heat Exchanger</i>	27
Gambar 3.5	Skema Aliran Fluida pada <i>Heat Exchanger</i>	27
Gambar 3.6	Mesin Pengering Jenis <i>Rotary Dryer</i>	28
Gambar 3.7	Skema <i>Rotary Dryer</i>	29

Gambar 3.8	Blower Sentrifugal	29
Gambar 3.8	Kompor Gas	30
Gambar 3.9	<i>Pulley dan Belt</i>	30
Gambar 3.10	<i>Thermocouple dan Thermoreader</i>	31
Gambar 3.11	<i>Anemometer</i>	31
Gambar 3.12	Timbangan	32
Gambar 3.13	<i>Stopwatch</i>	32
Gambar 3.14	Diagram Air Penelitian	33
Gambar 4.1	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dryer</i> terhadap Pengurangan Massa Singkong	45
Gambar 4.2	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dryer</i> terhadap Kalor yang Dihasilkan <i>Air Heater</i>	46
Gambar 4.3	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dyer</i> terhadap Efisiensi <i>Air Heater</i>	47
Gambar 4.4	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dyer</i> terhadap Kalor yang Diterima untuk Menguapkan Air dari Singkong	48
Gambar 4.5	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dryer</i> terhadap Efisiensi <i>Rotary Dryer</i>	49
Gambar 4.6	Pengaruh Putaran <i>Rotary Dryer</i> terhadap Efisiensi <i>Heat Exchanger</i>	50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data hasil pengujian <i>heat exchanger circular fin tube</i> beban pengeringan 1,5 kg.....	38
Tabel 4.2	Properti udara.....	39
Tabel 4.3	Properti air.....	40
Tabel 4.4	Data hasil perhitungan <i>heat exchanger circular fin tube</i> beban pengeringan 1,5 kg.....	44

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Laju Perpindahan Kalor Konduksi.....	15
Rumus 2.2	Laju Perpindahan Panas Konveksi.....	16
Rumus 2.3	Laju Perpindahan Panas Radiasi.....	17
Rumus 2.4	Perhitungan Kalor	18
Rumus 2.5	Keseimbangan Kalor	19
Rumus 2.6	Nilai Efisiensi Alat Pengering	20
Rumus 2.7	Kalor Pembakaran LPG.....	21
Rumus 2.8	Kalor untuk Pengeringan	21

DAFTAR SIMBOL

$\dot{m}_c$	= Laju massa uap air (kg/s)
ρ	= Massa jenis uap air (kg/m ³)
v	= Kecepatan hisap <i>blower</i> (m/s)
A_0	= Luas lubang hisap <i>blower</i> (m ²)
ω	= Kecepatan putar silinder (rad/s)
ν	= <i>Viscositas</i> kinematik (m ² /s)
Δm_t	= Perbedaan massa singkong (kg)
m_{ti}	= Massa singkong sebelum pengeringan (kg)
m_{to}	= Massa singkong sesudah pengeringan (kg)
$\dot{m}_a$	= Laju penguapan air (kg/s)
t	= Waktu (s)
D	= Diameter silinder (m)
h	= Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ² .K)
k	= Konduktifitas <i>thermal</i> (W/m.K)
$\dot{m}_g$	= Laju bahan bakar LPG (kg/s)
Q_{bb}	= Nilai kalor bahan bakar (W)
h_{fg}	= <i>Enthalpy</i> penguapan air (J/kg)
HHV	= <i>High Heating Value</i> LPG (J/kg)

Q_P	= Kalor penguapan air (W)
Q_{conv}	= Perpindahan panas konveksi (W)
η_{AH}	= Efisiensi <i>Air Heater</i> (%)
η_{RD}	= Efisiensi <i>Rotary Dryer</i> (%)
η_{HE}	= Efisiensi <i>Heat Exchanger</i> (%)
A	= Luas silinder <i>fin</i> (m ²)
L	= Panjang <i>rotor</i> (m)
r	= Jari-jari <i>rotor</i> (m)
r_0	= Jari-jari saluran keluar uap pada <i>rotor</i> (m)
r_1	= Jari-jari luar <i>fin</i> (m)
r_2	= Jari-jari dalam <i>fin</i> (m)
T_{hi}	= Temperatur <i>heat</i> masuk alat (K)
T_{ho}	= Temperatur <i>heat</i> keluar alat (K)