

**VARIASI TEMPERATUR DAN RASIO PUTARAN PADA HAMMER
MILL DAN SCREW CONVEYOR FLASH DRYER TERHADAP HASIL
PENGERINGAN**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA



NASKAH PUBLIKASI

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

DIMASTYA ADI SAGITA

D 200 12 0096

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**VARIASI TEMPERATUR DAN RASIO PUTARAN PADA HAMMER MILL
DAN SCREW CONVEYOR FLASH DRYER TERHADAP HASIL
PENGERINGAN**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DIMASTYA ADI SAGITA

D 200 120 096

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Sartono Putro .MT
NIK. 737

HALAMAN PENGESAHAN
VARIASI TEMPERATUR DAN RASIO PUTARAN PADA HAMMER
MILL DAN SCREW CONVEYOR FLASH DRYER TERHADAP HASIL
PENGERINGAN

OLEH
DIMASTYA ADI SAGITA

D 200 120 096

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

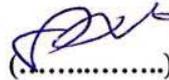
Universitas Muhammadiyah Surakarta

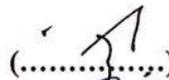
Pada hari Sabtu, 22 Oktober 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Sartono Putro, MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Sunardi Wiyono, MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Subroto, MT
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


(.....)


(.....)



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 4 November 2016

Penulis



DIMASTYA ADI SAGITA

D 200 120 096

VARIASI TEMPERATUR DAN RASIO PUTARAN PADA *HAMMER MILL* DAN *SCREW CONVEYOR FLASH DRYER* TERHADAP HASIL PENGERINGAN

Abstrak

Proses pembuatan tepung dari sari pati yang diendapkan, agar menjadi tepung yang tahan lama memerlukan proses pengeringan. Pengeringan merupakan proses menghilangkan kadar air yang terkandung dalam suatu bahan. Untuk mengetahui proses pengeringan tepung yaitu dengan menggunakan alat pengering yang berupa *flashdryer*. Dalam penelitian ini pada mesin *flashdryer* menggunakan variasi perbandingan putaran pada *hammer mill* dan *screw conveyor* 1:2,67 , 1:3,33 ,1:4 dengan variasi temperatur 90°C,100°C, 110°C. Dalam alat pengering *flash dryer* adonan tepung basah dimasukkan ke dalam *screw conveyor* diteruskan ke *hammer mill* untuk dihaluskan kemudian dialiri oleh aliran udara panas secara berkelanjutan agar tepung menjadi kering. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa putaran *hammer mill* dan *screw conveyor*,serta pengaruh dari temperatur yang diberikan oleh *air heater* sangat berpengaruh terhadap hasil pengeringan. Semakin tinggi perbandingan *hammer mill* dan *screw conveyor* serta semakin tinggi temperatur udara maka semakin baik rendah kadar air yang dihasilkan pada proses pengeringan. Hasil yang paling optimal didapat pada perbandingan putaran 1:4 dengan temperatur 110°C.

Kata kunci : *Flash dryer, Screw conveyor, Hammer mill*

Abstract

The process of making flour made of settled extract, in order to make it durable needs drying process. The drying process is a process removing water which contained in an ingredient. The flour drying process needs a tool calls flashdryer. In this research, the flashdryer machine uses 1:2,67 , 1:3,33 ,1:4 comparison of hammer mill and conveyor with 90°C,100°C,110°C temperature. Inside the flash dryer the wet flourdough is put into the screw conveyor and hammer mill for the next step to be soften and to be warmed by hot air in continue until the flour well dried. The research result has shown that rotation of hammer mill and screw conveyor, and the influence of temperature which given by water heater which influence the drying result so much. A higher comparison of hammer mill and screw conveyor and a higher air temperature there will be a lower water content produced in the dryer process. The most optimal result get from the comparison is rotation 1:4 with temperature 110°C.

Keyword : *Flash dryer, Screw conveyor, Hammer mill*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Di Indonesia, singkong merupakan produksi hasil pertanian pangan kedua terbesar setelah padi, sehingga singkong mempunyai potensi sebagai bahan baku yang penting bagi berbagai produk pangan dan industri.

Dalam perkembangan jaman, singkong dapat diolah menjadi berbagai bahan baku maupun makanan ringan. Salah satunya dapat diolah menjadi tepung. Dalam pembuatannya, tepung dapat dibagi menjadi 2 tipe yaitu tepung kasava dan tepung pati kita sering menyebutnya tepung tapioka. Tepung kasava cara pembuatannya dengan cara singkong dipotong kecil-kecil kemudian dijemur sampai kering, setelah itu digiling. Sedangkan tepung pati atau tepung tapioka pembuatannya dengan cara memarut singkong, kemudian hasil parutan dicampur dengan air, kemudian diperas dan disaring, kemudian simpan hasil saringan selama 1 malam untuk mendapatkan patinya, setelah disimpan 1 malam buang air diatas endapan dan tiriskan hasil pengendapan, kemudian jemur dibawah sinar matahari sampai kering. setelah kering ditumbuk lalu diayak.

Proses pengeringan adalah proses menghilangkan atau mengurangi kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan sampai dengan batas tertentu dengan pemanfaatan energi panas. Sehingga mikroba tidak dapat tumbuh dan bahan menjadi tahan lama.

Proses pengeringan memiliki 2 cara yaitu konvensional dan menggunakan mesin. Konvensional adalah dengan pemanfaatan pengeringan dibawah sinar terik matahari. Cara ini memerlukan waktu yang lama dan apabila digunakan untuk mengeringkan tepung, tingkat kehygienisannya kurang terjamin Karena kemungkinan terkontaminasi oleh polutan. Maka perlu adanya alat pengering yang dapat mengeringkan bahan tanpa terkendala cuaca dan tingkat kehygienisannya terjamin. Salah satu mesin untuk mengeringkan tepung adalah *flash dryer*.

Flash Dryer adalah merupakan alat pengering yang berfungsi untuk mengeringkan adonan basah, dari adonan basah dijadikan pertikel kecil berupa serbuk, kemudian sambil dialiri udara panas secara berkelanjutan, sehingga didapatkan tepung kering. Komponen-komponen utama dari mesin flash dryer antara lain air heater, blower, screw conveyor, hammer mill, dan cyclone.

Dengan ini penulis ingin menganalisa keoptimalan mesin tersebut. Dengan judul variasi temperatur dan rasio putaran *hammer mill* dan *screw conveyor flash dryer* terhadap hasil pengeringan.

2. BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang digunakan agar pembahasan lebih terfokus dan menjadi pembahasan utama adalah :

1. Alat pengering menggunakan pengering tipe flash dryer.
2. Bahan yang digunakan adalah tepung tapioka 0,5 kg dan air 300 ml.
3. Motor listrik dengan daya 0,5 HP
4. Debit udara yang digunakan $7,2\text{m}^3/\text{min}$ dengan kecepatan putaran 1450 rpm.
5. Indikator penelitian adalah variasi temperatur 90°C , 100°C , 110°C dengan rasio putaran *hammer mill* dan *screw conveyor* 1 : 2,67 , 1 : 3,33 , 1 : 4.
6. Hasil pengeringan diukur berdasarkan *density*

3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi temperatur dan rasio putaran *hammer mill* dan *screw conveyor flash dryer* terhadap hasil pengeringan dan mendapatkan hasil yang optimal

4. TINJAUAN PUSTAKA

CL Law (2014) "*Food Technologies-Dryer*" Menyatakan bahwa pengeringan adalah operasi unit yang digunakan untuk membuang air dari zat padat. Pengeringan sebuah proses yang berlaku energi panas untuk menghapus air dari zat padat.

Marta Fernanda Zotarelli (2012) "*A Convective Multi Flash Drying Process for producing Dehydrated Crispy Fruits*". Menyatakan bahwa penerapan pengeringan multi *flash dryer* terhadap buah-buahan untuk dijadikan buah renyah dengan tingkat proses pengeringan semakin lama maka tingkat kandungan air pada buah tersebut semakin menurun, hasilnya buah menjadi renyah.

Afnita Nur amalina (2013) meneliti mengenai pengaruh tinggi kolom dan debit aliran udara terhadap kinerja mesin pengering tipe flash dryer untuk pengeringan okara menyatakan bahwa semakin rendah tinggi kolom menghasil penurunan kadar air yang lebih cepat karena membutuhkan waktu yang singkat untuk keluar menuju cyclone

sparator. Semakin besar debit aliran udara yang digunakan maka penurunan kadar air semakin lama karena suhu pengeringan yang dihasilkan lebih rendah.

Ely herman (2011) semakin lama waktu pengeringan maka kadar air yang teruapkan semakin tinggi, begitu juga dengan laju pengeringannya. Laju pengeringan berbanding lurus dengan temperatur dan sebanding dengan banyaknya air yang diuapkan.

Joko Nugroho W K (2012) meneliti mengenai proses pengeringan singkong parut dengan menggunakan *pneumatic dryer* menyatakan hasil analitis statistik menunjukkan bahwa suhu memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan kadar air singkong parut.

Sagita Savita Sari dkk (2012) pengeringan merupakan proses untuk mengeliminasi keadaan lembab yang dapat merusak kestabilan sediaan dimana transfer panas dan massa terlibat pada proses ini.

5. JENIS – JENIS ALAT PENGERING

Proses Pengeringan

Dalam proses pengeringan diperlukan adanya panas, baik itu dari sinar matahari ataupun dari panas buatan yang dihasilkan oleh alat pengering. adapun alat buatan pengering yang digunakan antara lain :

1. *Spray Dryer*

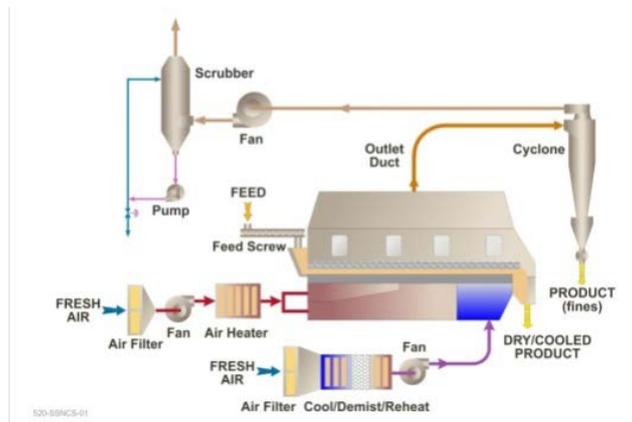
Metode mengeringkan *spray dryer* merupakan metode pengeringan yang mampu menghasilkan produk dalam bentuk bubuk atau serbuk dari bahan-bahan seperti susu, pasta, bubur, buah buahan, dll. Pengeringan semprot atau spray drying digunakan untuk mengubah cairan atau pasta dengan *viskositas* rendah menjadi padatan kering. Pengeringan dengan cara ini mampu meminimalisir interupsi karena selama bahan cair yang akan dikeringkan tersedia, maka proses pengeringan akan tetap berjalan secara kontinyu dan produk berupa padatan kering akan terus terbentuk. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 1. *Spray Dryer* (Sari : 2012)

2. Fluidized Bed Dryer

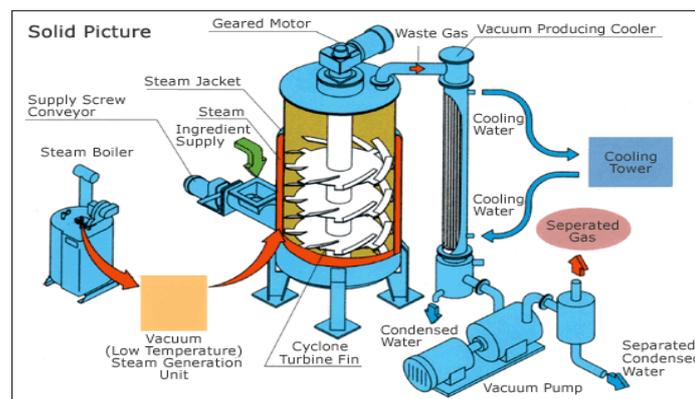
Fluidized bed dryer adalah sistem pengeringan yang digunakan bagi bahan berbobot relatif ringan yang akan dikeringkan dialiri dengan udara panas yang terkontrol dengan volume dan tekanan tertentu, selanjutnya bagi bahan yang telah kering karena bobotnya sudah lebih ringan akan keluar dari ruang pengeringan menuju siklon untuk ditangkap dan dipisahkan dari udara, namun bagi bahan/material yang halus akan ditangkap oleh pulsejet bag filter. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 2.*Fluidized Bed Dryer* (Sari : 2012)

3. Vacum Dryers

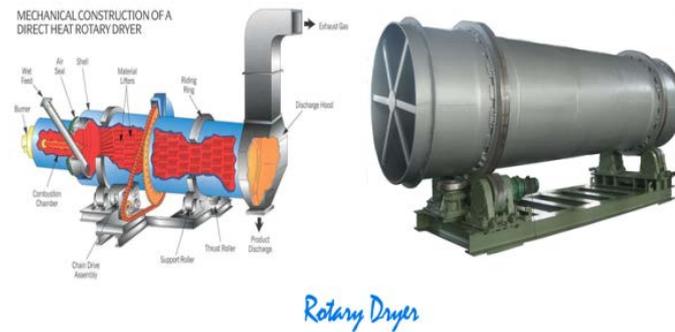
Vacum dryers ialah proses menghilangkan air dari suatu bahan, bersama dengan penggunaan panas maka vakum dapat menjadi suatu metode pengeringan yang efektif. Pengeringan dapat dicapai dalam suhu yang lebih rendah sehingga lebih hemat energi. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 3.*Vacum dryer* (Sari : 2012)

4. *Rotary Dryers*

Bagian dalam alat yang berbentuk silindris ini, semacam sayap yang banyak. Melalui antara sayap-sayap tersebut dialirkan udara panas yang kering sementara silinder pengering berputar. Dengan adanya sayap-sayap tersebut bahan seolah-olah diaduk sehingga pemanasan merata dan akhirnya diperoleh hasil yang lebih baik. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 4. *Rotary dryer* (Sari : 2012)

5. *Conduction Dryers*

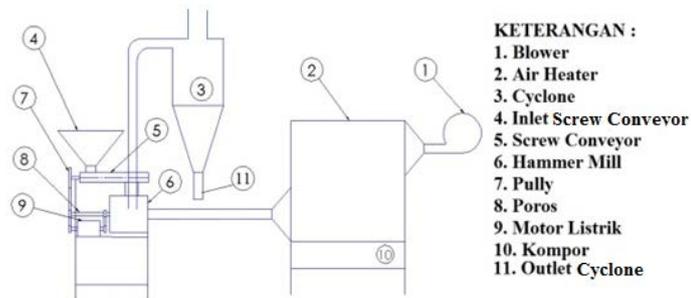
Conduction dryers dapat mengeringkan bubuk, pasta, dan butiran yang mengandung pigmen, lempung, bahan kimia, batu bara halus, dan garam-garam, serta dapat juga digunakan untuk waktu retensi yang relatif singkat. *Dryer* atau pengering mengendalikan kecepatan pengeringan dan mengontrol waktu retensi. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 5. *Conduction dryer* (Sari : 2012)

6. *Flash Dryer*

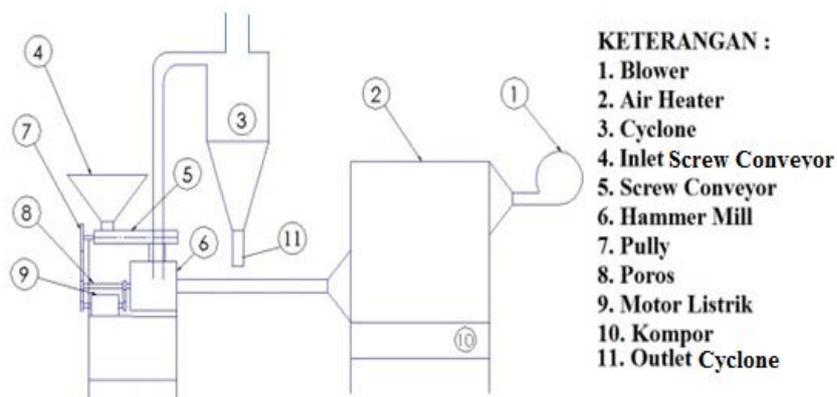
Flash dryer adalah alat pengering yang digunakan untuk mengeringkan adonan basah dengan memisahkan adonan tersebut ke dalam bentuk serbuk dan mengeringkannya dengan mengalirkan udara panas secara berkelanjutan. (Sagita Savita Sari dkk : 2012)



Gambar 6. *Flash dryer* (Laboratorium Sekolah Vokasi UMS)

6. METODE PENELITIAN

Instalasi Pengujian



Gambar 7. Instalasi Pengujian

Langkah – Langkah Pengujian

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat yang mencakup semua komponen *flash dryer* dan bahan tepung tapioka yang akan digunakan.
2. Memasang semua komponen *flash dryer* yang akan digunakan dan memastikan semua terpasang dengan benar.
3. Menyalakan kompor pemanas untuk memanaskan *air heater*.
4. Menunggu temperatur hingga suhu yang diinginkan.

5. Menyalakan blower sebagai penyuplai udara agar panas dari *air heater* dapat mengalir dan menyalakan motor listrik untuk menggerakkan *hammer mill* dan *screw conveyor*.
6. Menimbang tepung tapioka dengan komposisi 500 gr dan air 300 ml, kemudian dicampur antara tepung dengan air sehingga menjadi adonan tepung basah.
7. Setelah temperatur sudah sesuai dengan yang diinginkan, memasukkan adonan tepung basah ke *inlet screw conveyor*.
8. Menyalakan stopwatch untuk menghitung waktu tepung dari awal masuk *inlet screw conveyor* sampai tepung selesai keluar *outlet cyclone*.
9. Mengulangi percobaan untuk variasi temperatur dan diameter pully pada hammer mill dan screw conveyor yang berbeda.

Alat dan Bahan

Alat alat pengujian

Tabel 1 Alat – alat yang digunakan dalam pengujian

No	Alat Pengujian	Fungsi
1	Blower	Blower digunakan untuk menyuplai udara yang dialirkan kedalam air heater sebagai udara panas sekaligus pendorong tepung dapat keluar sampai cyclone.
2	Air Heater	Air heater digunakan untuk memanaskan udara sebagai pengeringan didalam mesin flash dryer.
3	Screw Conveyor	Screw conveyor digunakan untuk mengangkat adonan tepung basah menuju hammer mill.
4	Hammer Mill	Hammer mill digunakan untuk penghancur adonan tepung menjadi butiran kecil.
5	Cyclone	Cyclone digunakan untuk pemisah partikel halus.
6	Pully	Pully digunakan untuk penghubung antara motor listrik dengan screw conveyor dan hammer mill.
7	Vanbelt	Vanbelt digunakan untuk menggerakkan pully.
8	Kompor	Kompor digunakan untuk memanaskan air heater.
9	Motor Listrik	Motor listrik digunakan untuk menggerakkan hammer mill dan screw conveyor

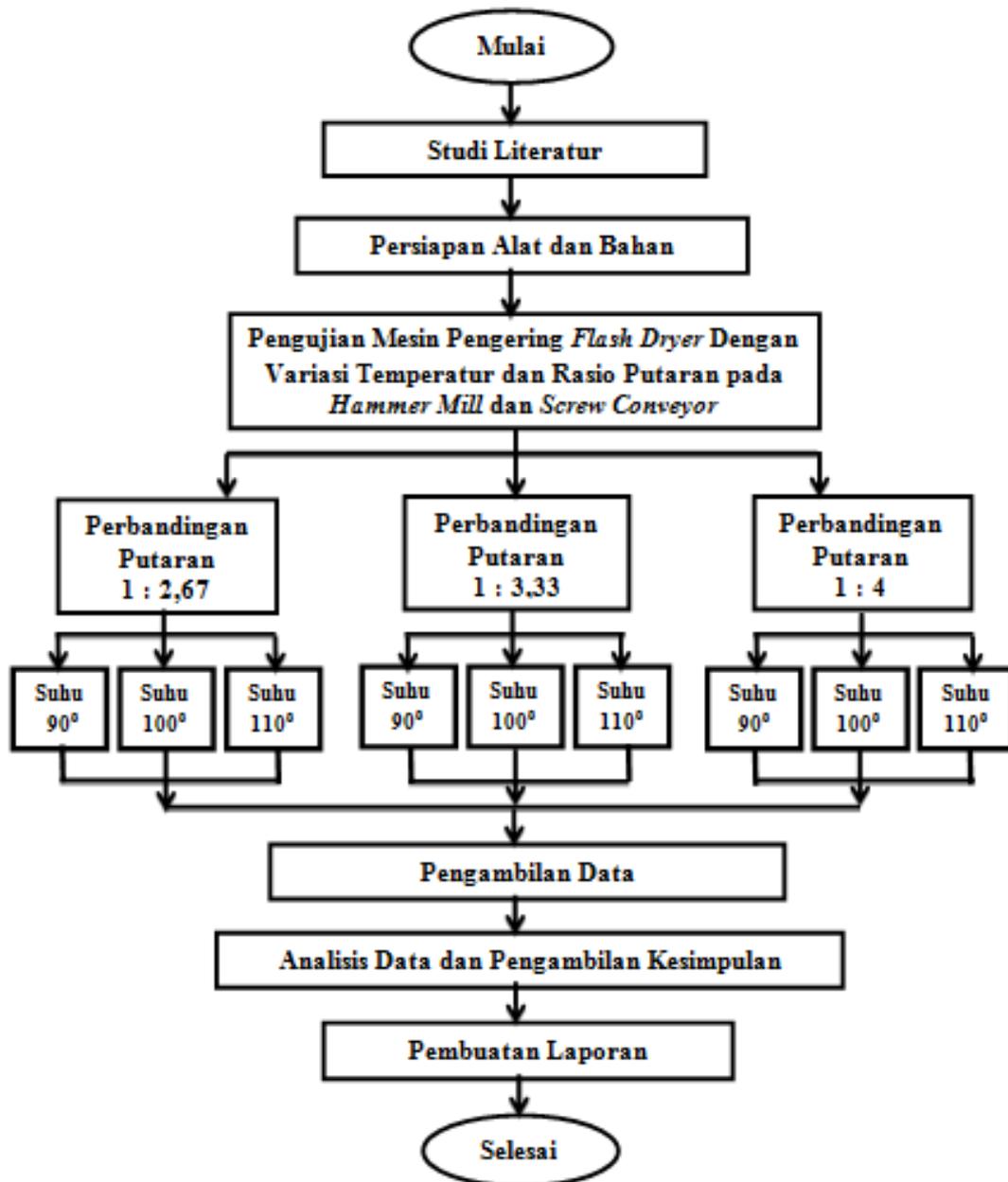
Tabel 2 Alat – alat ukur

No	Alat Ukur	Fungsi
1	Thermometer	Thermometer digunakan untuk mengukur temperatur udara
2	Thermocouple	Thermocouple digunakan untuk mengukur temperatur saat bertemunya tepung basah dan udara panas
3	Tachometer	Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran
4	Anemometer	Anemometer digunakan untuk kecepatan udara
5	Stopwatch	Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu tepung masuk sampai tepung keluar
6	Gelas Ukur	Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air, adonan tepung basah maupun tepung setelah dikeringkan
7	Timbangan	Timbangan digunakan untuk menimbang massa tepung sebelum dan sesudah dikeringkan

Bahan yang digunakan

1. Tepung Kanji / Tapioka
2. Air

Diagram Alir Penelitian



Gambar 8. Diagram alir penelitian

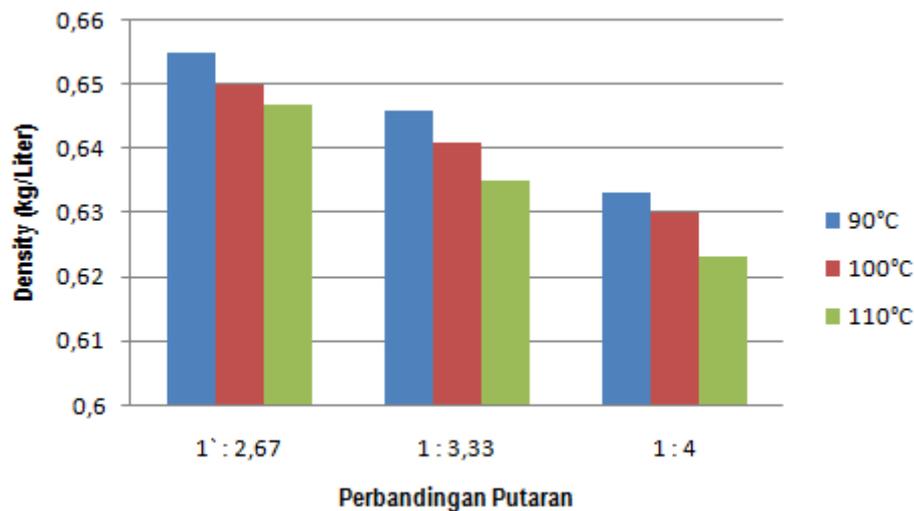
6 HASIL DAN PEMBAHASAN

Density Tepung

Tabel 3. Data density tepung pada variasi rasio putaran

Perbandingan Putaran	T (°C)	Rpm	Tepung Masuk			Tepung Keluar		
			M (kg)	V (Liter)	ρ (kg/Liter)	M (kg)	V (Liter)	P (kg/Liter)
1 : 2,67	90	2455,5	0,8	0,7	1,143	0,40	0,61	0,655
	100	2455,5	0,8	0,7	1,143	0,41	0,63	0,650
	110	2455,5	0,8	0,7	1,143	0,44	0,68	0,647
1 : 3,33	90	2173,5	0,8	0,7	1,143	0,42	0,65	0,646
	100	2173,5	0,8	0,7	1,143	0,43	0,67	0,641
	110	2173,5	0,8	0,7	1,143	0,47	0,74	0,635
1 : 4	90	1437,2	0,8	0,7	1,143	0,45	0,71	0,633
	100	1437,2	0,8	0,7	1,143	0,46	0,73	0,630
	110	1437,2	0,8	0,7	1,143	0,48	0,77	0,623

Pada gambar di bawah ini menunjukkan pengaruh temperatur dan putaran *hammer mill* dan *screw conveyor* terhadap *density* tepung yang dihasilkan.



Gambar 9. Hubungan antara variasi perbandingan putaran dan *density* tepung

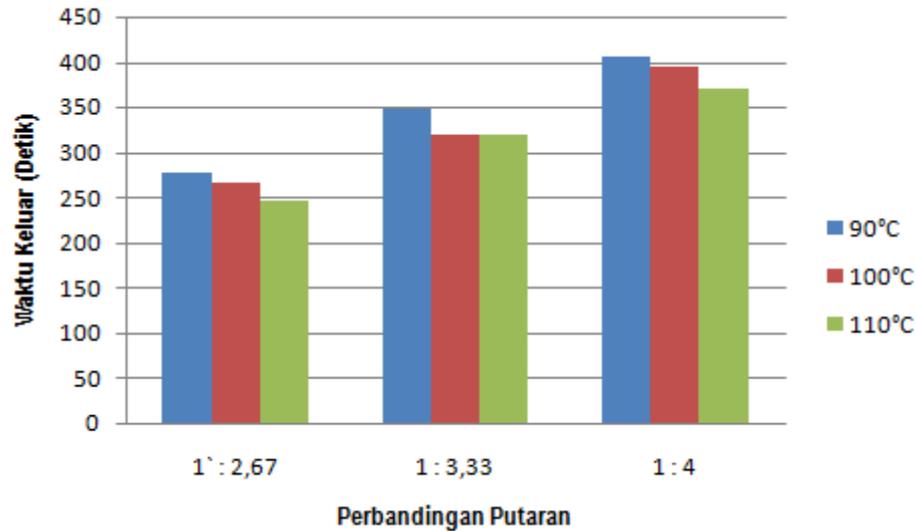
Pada gambar diatas menunjukkan bahwa dengan variasi temperatur dan perbandingan putaran *hammer mill* dan *screw conveyor* 1:2,67 , 1:3,33 dan 1:4 pada temperatur udara pengering 90⁰,100⁰C dan 110⁰C, didapat *density* atau masa jenis tepung keluar terendah adalah 0,623 kg/liter pada perbandingan putaran 1:4 saat temperature 110⁰C, dan *density* tertinggi adalah 0,655 kg/liter pada perbandingan putaran 1:2,67 saat temperatur 90⁰C. Pada density tinggi kondisi tepung masih sedikit basah sedangkan pada density rendah kondisi tepung kering.

Perbandingan putaran terhadap waktu keluar tepung

Tabel 4 Data waktu tepung keluar pada variasi rasio putaran

Perbandingan Putaran	T (°C)	Waktu Tepung Keluar (s)
1 : 2,67	90	276
	100	266
	110	247
1 : 3,33	90	349
	100	339
	110	319
1 : 4	90	405
	100	395
	110	370

Pada gambar di bawah ini menunjukkan pengaruh putaran *hammer mill* dan *screw conveyor* terhadap lama waktu keluar tepung.



Gambar 10. Hubungan antara waktu tepung keluar dengan rasio putaran

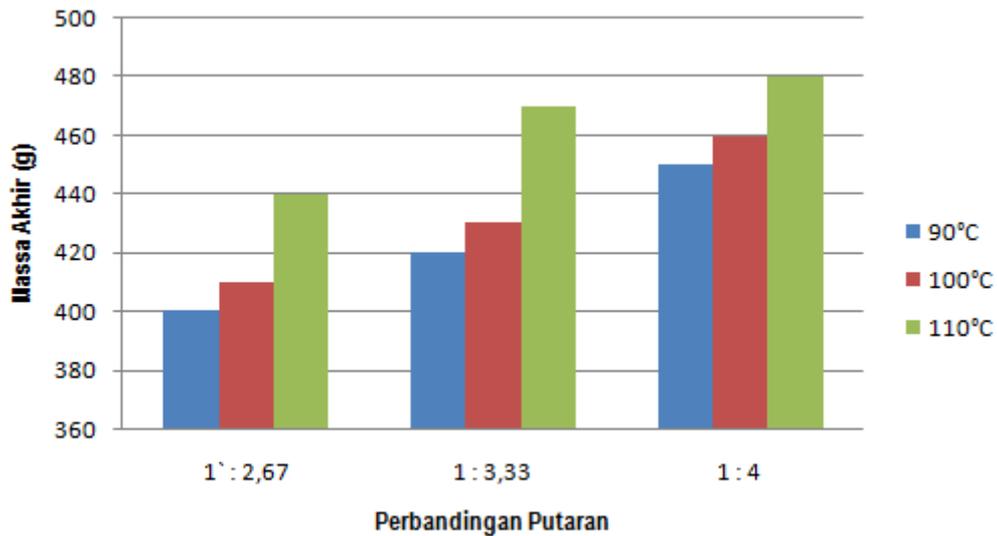
Dari data diatas menunjukkan lamanya waktu proses keluar tepung dengan tiga variasi perbandingan diameter pullyhammer mill dan screw conveyor dihasilkan tepung keluar tercepat terdapat pada perbandingan putaran 1:2,67 dan temperatur udara masuk 110⁰C dengan waktu 247 detik. Waktu paling lama diperoleh dari perbandingan putaran 1:4 dan temperatur udara masuk 90⁰C dimana waktunya adalah 405 detik.

Perbandingan putaran terhadap massa akhir tepung

Tabel 5. Data perbandingan putaran dengan waktu keluar tepung

Perbandingan Putaran	T (°C)	Massa Akhir (g)
1 : 2,67	90	400
	100	410
	110	440
1 : 3,33	90	420
	100	430
	110	470
1 : 4	90	440
	100	440
	110	480

Pada gambar di bawah ini menunjukkan pengaruh perbandingan putaran hammer mill dan screw conveyor terhadap massa akhir tepung.



Gambar 11 Hubungan antara perbandingan putaran dan massa akhir tepung

Dari data diatas menunjukkan lamanya waktu proses keluar tepung dengan tiga variasi perbandingan diameter pullyhammer mill dan screw conveyor dihasilkan massa akhir tepung terkecil terdapat pada perbandingan putaran 1:2,67 dan temperatur udara masuk 90⁰C dengan massa 400 g. Massa terbesar diperoleh dari perbandingan putaran 1:4 dan temperatur udara masuk 110⁰C dimana massanya 480 g.

7 PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

Dalam penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil yang paling optimal yaitu pada density 0,623 kg/liter pada perbandingan putaran 1:4 dengan temperatur 110⁰C. Waktu yang dibutuhkan dalam lamanya proses pengeringan yaitu paling cepat terdapat pada perbandingan putaran 1:2,67 dan temperatur 110⁰C dengan waktu 247 detik. Waktu paling lama diperoleh dari perbandingan putaran 1:4 dan temperatur 90⁰C dimana waktunya adalah 405 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, Afrita Nur. (2013). *Analisa Matematis Pengaruh Tinggi Aliran Kolom dan Debit Aliran Udara Terhadap Kinerja Mesin Pengering Tipe Flash Dryer untuk Pengeringan Okara*. Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian Universitas Gajah Mada.
- Effendi, M Supli. (2012). *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung : Penerbit Alfabeta.
- Giles V, Ranald. (1998). *Mekanika Fluida dan Hidraulika*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Herman, Ely. (2011). “*Uji Kinerja Rotary Dryer Yang Dilengkapi Dcs Untuk Pengeringan Biji Kacang Hijau*”. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Kusharjanto, Bambang. (2013). *Rancang Bangun Prototype Flash Dryer untuk Pengeringan Tepung Mocaf*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Law, C.L. (2014). *Food technology – Dryer*. The University of Nottingham, Semenyih, Malaysia: Elsevier Inc. All rights reserved.
- Nugroho, Joko W.K. (2012). *Proses Pengeringan Singkong Parut Dengan Menggunakan Pneumatic Dryer*. Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian. Universitas Gajah Mada.
- Pitts, Donald R, dkk.(1983). *Heat Transfer*. Singapore : McGraw-Hill Book Company.
- Sari, Sagita Savita, dkk. (2012). *Mengenal Metode Pengeringan dalam Bidang Farmasi*. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman.
- Tipler A, Paul. (1998). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Zotarelli Fernanda, Marta. (2012). *A Convective Multi Flash drying process for Producing dehydrated Crispy Fruits*. Jurnal. Department of Chemical and food Engineering, Federal University of Santa Catarina, Brazil.