



**PENGARUH TEMPERATUR *INLET* UDARA DAN
KECEPATAN UDARA PEMANAS TERHADAP
DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN EFISIENSI
TERMAL *SPRAY DRYER***

Skripsi

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin**

Oleh

Ruli Adi Pratama

NIM.5212415025

**TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ruli Adi Pratama

NIM : 5212415025

Judul : Pengaruh Temperatur *Inlet* Udara dan Kecepatan Udara terhadap
Distribusi Temperatur dan Efisiensi Termas *Spray Dryer*.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri
Semarang.

Semarang, 2 Januari 2020

Pembimbing



Samsudin Anis, S.T.,M.T.Ph.D.

NIP. 197601012003121002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh Temperatur *Inlet* Udara dan Kecepatan Udara Terhadap Distribusi Temperatur dan Efisiensi Termal *Spray dryer* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 7 Januari 2020.

Oleh

Nama : Ruli Adi Pratama

NIM : 5212415025

Program Studi : Teknik Mesin

Panitia:

Ketua



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

Penguji 1



Danang Dwi Saputra, S.T., M.T.
NIP.197811052005011001

Penguji 2



Rusiyanto, S.Pd., M.T
NIP.197403211999031001

Sekretaris



Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP.
NIP. 197509272006041002

Penguji 3



Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19760102003121002

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun diperguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing dan masukan tim penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Semarang, 2 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



Ruli Adi Pratama

NIM.5212415025

MOTTO

“Percayalah, semua beban yang ada di pundak kita dibrikan olehnya, tidak ada yang melebihi kapasitas kita, semua sudah sesuai takaran, harus jadi pemuda yang tangguh”.

(K.H Ahmad Hasby Munif)

RINGKASAN

Pratama, Ruli Adi. 2019. Pengaruh Temperatur Inlet Pemanas dan Kecepatan Udara Pemanas terhadap Distribusi Temperatur. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Samsudin Anis, S.T., M.T. Ph.D.

Temperatur *inlet* udara, kecepatan udara pemanas dan tekanan udara *nozzle* merupakan faktor yang mempengaruhi distribusi alat *spray dryer* dalam proses pengeringannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi temperatur pada *spray dryer* dengan menggunakan variasi temperatur dan kecepatan udara pemanas.

Metode penelitian menggunakan *factorial design*, penelitian ini menggunakan variasi temperatur *inlet* 125 °C, 150 °C, 175 °C, 200 °C dan 225 °C serta kecepatan udara pemanas 3,7 m/s dan 11,3 m/s dan tekanan udara *nozzle* 3,5 kgf/cm. Sampel penelitian ini adalah air yang direbus sampai suhu 90 °C, metode pengambilan data diambil dalam waktu 10 menit dengan interval pengambilan 2 menit pada 5 titik yang terletak pada ruang *chamber* dengan jarak antar titik 5 cm dihitung pada titik tertinggi *chamber* dan Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan termokopel, kemudian hasil dianalisis untuk mendapatkan efisiensi termal *spray dryer*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh temperatur *inlet* pemanas dan kecepatan udara pemanas mempengaruhi distribusi temperatur, menunjukkan meningkatnya temperatur inlet udara akan meningkatkan nilai temperatur yang terdistribusi di dalam ruang pengering, sedangkan meningkatnya kecepatan udara pemanas akan menurunkan nilai temperatur yang terdistribusi di dalam ruang pengering, dengan menggunakan kecepatan udara pemanas 3,7 m/s menghasilkan distribusi temperatur stabil pada temperatur *inlet* pemanas 150 °C, 200 °C dan 225 °C, sedangkan pada kecepatan udara pemanas 11,3 m/s menghasilkan distribusi stabil dengan temperatur inlet pemanas 200 °C. Efisiensi termal yang diperoleh yaitu semakin tinggi temperatur *inlet* dan kecepatan udara pemanas maka menghasilkan efisiensi yang optimal.

Kata kunci: *Spray dryer, Kecepatan udara pemanas, Temperatur inlet pemanas, Distribusi temperatur, Efisiensi termal*

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah keharibaan samng pemimpin umat, penguasa samudra syafaat baginda Nabi Agung Munhammad SAW yang kelak kita nantikan syafaatnya.

Skripsi ini disusun untuk meraih gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyusun laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM., Dekan Fakultas Teknik Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr., Ir. Basyirun, S.Pd., M.T.,IPM., Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin dan Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D., selaku koordinator Program Studi Teknik Mesin atas fasilitas yang telah disediakan bagi mahasiswa.
3. Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D. Pembimbing yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan skripsi ini.
4. Danang Dwi Saputra, S.T., M.T., dan Rusiyanto, S.Pd.,M.T. Selaku penguji 1 dan penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa

5. saran, ralat, perbaikan, pertanyaan komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas skripsi ini.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT Unnes yang telah memberi bekal ilmu pengetahuan yang berharga.
7. Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada Ayah dan Ibu serta adik-adikku tercinta yang telah mendukung dan mendo'akan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Akbar riski mardawan sebagai rekan satu tim dalam penyusunan tema skripsi ini.
9. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin angkatan 2015 yang selalu memberi semangat, saran, kekeluargaan serta bantuan.
10. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Semarang, 2 Januari 2020

Penulis



Ruli Adi Pratama

NIM. 5212415025

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO.....	v
RINGKASAN.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	6
KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Pengertian Pengeringan.....	11
2.2.2 Mekanisme Pengeringan	12
2.2.3 Perpindahan Panas pada Pengeringan.....	13

2.2.4 Hubungan Kecepatan Udara dan Temperatur	17
2.2.5 Efisiensi Termal	17
2.2.6 Komponen <i>Spray dryer</i>	18

2.2.7 Fluida	19
3.2.8 Aliran Fluida	20
3.2.9 <i>Cyclone</i> (Gaya Aliran Sentrifugal)	21
BAB III	24
METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	24
3.2 Desain Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3.1 Alat Penelitian.....	26
3.3.2 Bahan Penelitian	32
3.4 Parameter Penelitian.....	33
3.4.1 Temperatur <i>Inlet</i> Pemanas	33
3.4.2 Kecepatan Udara Pemanas.....	33
3.4.3 Distribusi Temperatur	33
3.5 Teknik Pengumpulan Data	33
3.6 Kalibrasi Instrumen	37
3.7 Teknik Analisis Data	39
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

%	= Persen
q_{kond}	= Laju perpindahan panas konduksi (W)
q_{konv}	= Laju perpindahan panas konveksi (W)
q_{rad}	= Laju perpindahan panas radiasi (W)
η_{th}	= Efisiensi termal (%)
Q_{in}	= Total panas <i>input</i> (kJ)
Q_{out}	= Total panas <i>output</i> (kJ)
$W_{net,out}$	= <i>Output</i> kerja bersih (kJ)
$P_{(hg)}$	= Daya <i>heat gun</i> (kW)
$P_{(bh)}$	= Daya <i>heater band</i> (kW)
$P_{(komp)}$	= Daya kompresor (kW)
$P_{(kl)}$	= Daya kompor listrik (kW)
\dot{m}	= Laju aliran massa (kg/s)
h	= Jumlah energy dari suatu system (kJ/kg)
ρ	= Massa jenis fluida (kg/m ³)
V	= Volume per satuan waktu/debit (m ³ /s)
v	= Volume fluida (m ³)
t	= Waktu aliran (s)
Q_{loss}	= Panas yang keluar (kJ)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Antara Suhu dan Kadar Air pada Berbagai Laju Aliran Udara Pengering.....	6
Gambar 2.2 Diagram Prinsip <i>Spray dryer</i> Terintegrasi	19
Gambar 2.3 Skema Alat <i>Spray dryer</i>	19
Gambar 2.4 Aliran Laminar.....	21
Gambar 2.5 Aliran Turbulen.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Komponen <i>Spray dryer</i>	26
Gambar 3.3 Skema Alat <i>Spray dryer</i>	28
Gambar 3.4 <i>Heat Gun</i>	29
Gambar 3.5 <i>Band Heater</i>	29
Gambar 3.6 <i>Anemometer</i>	30
Gambar 3.7 Termokopel Digital.....	31
Gambar 3.8 <i>Stopwatch</i>	31
Gambar 3.9 Kompresor.....	32
Gambar 3.10 Gelas Ukur.....	32
Gambar 3.11 Regulator.....	33
Gambar 3.12 Titik Pengambilan Data pada <i>Drying Chamber</i>	36
Gambar 4.1 Pengukuran Temperatur inlet udara menggunakan Termokopel.....	40
Gambar 4.2 Pengukuran Kecepatan Udara Menggunakan <i>Anemometer</i>	40
Gambar 4.3 Pengambilan Nilai Tekanan Udara <i>Nozzle</i>	41
Gambar 4.4 Titik Kabel Termokopel pada Ruang Pengering.....	41
Gambar 4.5 Pengukuran Distribusi Temperatur pada 5 Titik Menggunakan <i>Software</i>	42
Gambar 4.6 Proses Perhitungan Waktu Pengambilan Data.....	43
Gambar 4.7 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 125°C dan Kecepatan Udara 3,7 m/s.....	45

Gambar 4.8 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 150°C dan Kecepatan Udara 3,7 m/s.....	46
Gambar 4.9 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 175°C dan Kecepatan Udara 3,7 m/s.....	47
Gambar 4.10 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 200°C dan Kecepatan Udara 3,7 m/s.....	48
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 225°C dan Kecepatan Udara 3,7 m/s.....	49
Gambar 4.12 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 125°C dan Kecepatan Udara 11,3 m/s.....	50
Gambar 4.13 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 150°C dan Kecepatan Udara 11,3 m/s.....	51
Gambar 4.14 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 175°C dan Kecepatan Udara 11,3 m/s.....	52
Gambar 4.15 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 200°C dan Kecepatan Udara 11,3 m/s.....	53
Gambar 4.16 Grafik Distribusi Temperatur pada T_{in} 225°C dan Kecepatan Udara 11,3 m/s.....	54
Gambar 4.17 Grafik Pengaruh Temperatur Inlet Udara dan Kecepatan Udara Pemanas Terhadap Distribusi Temperatur.....	69
Gambar 4.18 Grafik Pengaruh Temperatur Inlet Udara dan Kecepatan Udara Pemanas Terhadap Efisiensi Termal.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Pengeringan Menggunakan <i>Spray dryer</i>	9
Tabel 2.2 Kelembaban Berdasarkan Temperatur <i>Inlet</i>	10
Tabel 3.1 Desain Penelitian Pengaruh Temperatur <i>Inlet</i> Pemanas dan Kecepatan Udara Pemanas Terhadap Distribusi Temperatur	24
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Heat Gun</i>	28
Tabel 3.3 Spesifikasi Anemometer	30
Tabel 3.4 Spesifikasi Termokopel Digital	30
Tabel 3.5 Spesifikasi Kompresor	31
Tabel 3.6 Pengumpulan Data	37
Tabel 4.1 Variasi Kecepatan Udara Pemanas 3,7 m/s.....	43
Tabel 4.2 Variasi Kecepatan Udara Pemanas 11,3 m/s.....	44
Tabel 4.3 Hasil Distribusi Temperatur pada Kecepatan 3,7 m/s.....	55
Tabel 4.4 Pengaruh Temperatur <i>Inlet</i> Udara dan Kecepatan Udara Terhadap Distribusi Temperatur.....	68
Tabel 4.5 Pengaruh Temperatur <i>Inlet</i> Udara dan Kecepatan Udara Terhadap Efisiensi Termal.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel cengel.....	79
Lampiran 2. Perhitungan Efisiensi.....	81
Lampiran 3. Pengukuran Tekanan Udara <i>Nozzle</i> 3,5 kgf/cm ²	87
Lampiran 4. Pengaturan Temperatur <i>Inlet</i>	88
Lampiran 5. Titik Pengambilan Data Distribusi Temperatur.....	90
Lampiran 6. Proses Pengambilan Data Distribusi Temperatur.....	91
Lampiran 7. Gambar Alat <i>Spray dryer</i>	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna alam, susu, santan merupakan beberapa contoh zat cair, yang apabila dirubah menjadi bubuk akan menjadi lebih tahan lama dan juga praktis. Mauliza, dkk (2016: 35), produksi pewarna alam yang saat ini digunakan menemui banyak masalah, diantaranya bahan alam yang diperlukan untuk membuat pewarna sangat dipengaruhi oleh lingkungan, karena membutuhkan lahan yang luas, usia panen yang relatif lama untuk tanaman yang dijadikan bahan baku pewarna alam. Kondisi seperti ini akan membuat produsen batik kesulitan akan pewarna, bahkan juga dapat mencemari lingkungan dengan menggunakan pewarna tekstil. Menurut Soedjana (1997), peningkatan jumlah penduduk di Indonesia telah mendorong kebutuhan pangan terus meningkat, susu merupakan pangan yang memiliki harga lebih tinggi dari komoditas lainnya. Sedangkan pengelolaan pangan tersebut kurang dari jumlah konsumen. Perlu adanya solusi supaya pewarna alam maupun susu menjadi lebih banyak produksi atau memiliki distribusi yang banyak untuk jangka yang panjang.

Salah satu metode pegeringan merubah zat cair menjadi bubuk/*powder* yang praktis dan ekonomis yaitu menggunakan *spray dryer*. Dewi, dkk (2015: 1), kelapa memiliki beberapa bagian salah satunya daging buah kelapa, dengan menambahkan air pada daging buah kelapa maka akan menghasilkan santan. Santan ini dapat dikeringkan menggunakan *spray dryer* untuk merubah menjadi

santan bubuk. Diperkuat dengan pernyataan Setyawan, dkk (2014:35), beberapa bahan dapat dikeringkan menggunakan *spray dryer* tanpa merusak bahan-bahan tersebut, meskipun menggunakan udara bertemperatur tinggi. Dewi dan Satibi (2015:27) menunjukkan bahwa *Spray dryer* merupakan alat pengubah cairan umpan menjadi serbuk kering. Umpan disemprotkan ke dalam media pengering yang panas dan membuat kandungan air dalam umpan menguap. Umpan dapat berupa larutan, suspensi atau pasta dan sebagai produk akhirnya adalah berupa bubuk, gumpalan atau butiran. Ciri khas dari proses *spray dryer* yaitu pengeringan yang cepat dan hasil dari pengeringan tersebut bisa langsung dikemas.

Spray dryer memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu temperatur, kecepatan udara dan tekanan udara. Maulina, dkk, (2013: 85), hampir semua industri produk bahan kimia menggunakan *spray dryer*. Kadar air dalam produk dapat diturunkan menggunakan *spray dryer*. Hal ini disebabkan peningkatan suhu pengering dapat menguapkan lebih banyak air yang terkandung dalam produk tersebut, sehingga produk memiliki kadar air yang sedikit. Menurut penelitian Djaafar, dkk (2017: 334), pada proses pengeringan sari karadang menggunakan *spray dryer*, menggunakan temperatur inlet 80°C, 100°C dan 120°C. Sedangkan menurut Julklang, dkk (2017: 431), proses pembuatan mikrosfer hidrosida berlapis ganda menggunakan temperatur inlet 110°C.

Dwika, dkk (2012: 298), hasil penelitian pengeringan karaginan dipengaruhi oleh temperature dan kecepatan udara dengan menggunakan kecepatan udara pengering 11 m/s , 12m /s , 13 m/s dan 14 m/s. Menurut Paryanto, dkk (2015:15), pada pembuatan zat warna alam dari biji kesumba menggunakan *spray dryer*

menggunakan tekanan sebesar 3,5 atm dan temperatur 120 °C. Menurut Wibawa, dkk (2015:35) untuk mengatasi kendala pada *nozzle* yang kurang maksimal karena tingginya viskositas dilakukan penambahan tekanan pada *nozzle* agar pengkabutan lebih halus.

Berdasarkan uraian di atas maka perlunya penelitian tentang distribusi temperatur *spray dryer*, fungsinya untuk mempermudah pengoperasian *spray dryer* ketika digunakan untuk membuat bubuk dari berbagai bahan yang berbeda, karena setiap bahan memiliki karakteristik yang berbeda..

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Temperatur inlet mempengaruhi distribusi temperatur *spray dryer*.
2. Kecepatan udara mempengaruhi distribusi temperature *spray dryer*.
3. Tekanan udara mempengaruhi distribusi temperature *spray dryer*.
4. Ukuran *nozzle* diprediksi mempengaruhi ukuran kabut/*droplets* pada proses pengeringan.
5. Viskositas pada fluida tertentu mempengaruhi pengkabutan.
6. Tekanan udara *nozzle* yang tidak sesuai dapat mempengaruhi pengkabutan dalam proses pengeringan.

1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini terbatas untuk mengetahui pengaruh temperatur *inlet* terhadap distribusi temperatur.

2. Penelitian ini terbatas untuk mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap distribusi temperatur.
3. Penelitian ini terbatas pada analisis proses yang terjadi di dalam ruang pengering (*Chamber*)

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang sudah ditentukan maka permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh temperatur *inlet* terhadap distribusi temperatur?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan udara terhadap distribusi temperatur?
3. Bagaimana pengaruh temperatur *inlet* udara dan kecepatan udara terhadap efisiensi termal?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan yang hendak dicapai adalah :

1. Mengetahui pengaruh temperatur *inlet* udara terhadap distribusi temperatur *spray dryer*.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap distribusi temperatur *spray dryer*.
3. Mengetahui pengaruh temperatur *inlet* udara dan kecepatan udara terhadap efisiensi termal terhadap distribusi temperatur.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa

Dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang kristalisasi atau perubahan zat cair menjadi bubuk menggunakan *spray dryer*, serta mengetahui distribusi temperatur pada *spray dryer*.

2. Bagi Masyarakat

Dapat mengetahui kegunaan alat *spray dryer* dan pengoperasiannya untuk berbagai karakteristik bahan yang berbeda.

3. Bagi Perguruan Tinggi

Manfaat penelitian ini bagi perguruan tinggi diharapkan menjadi bahan pembelajaran dan referensi bagi yang akan melakukan penelitian lebih lanjut dengan topik yang berhubungan dengan judul penelitian ini.

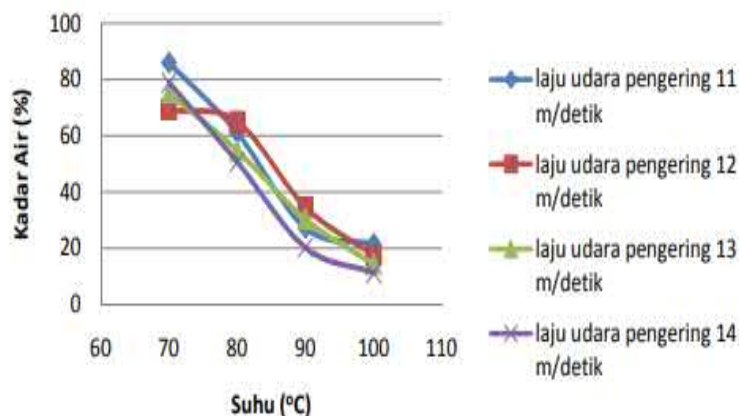
BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian tentang pengaruh variasi temperatur *inlet* dan kecepatan udara serta distribusi temperatur diantaranya sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh Dwika, dkk (2012) pada penelitian tentang pengaruh suhu dan laju aliran udara pengering pada pengeringan karaginan menggunakan variable suhu inlet 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, dan laju aliran udara pengering 11 m/s, 12 m/s, 13 m/s, 14 m/s. proses transfer masa pada proses pengeringan dipengaruhi oleh transfer momentum kecepatan udara m pengering. Jika kecepatan udara pengering lebih cepat maka akan mempercepat pula difusi panas udara kedalam molekul bahan sehingga temperature molekul pada bahan akan meningkat, maka akan menyebabkan tekanan uap air meningkat sehingga air yang berada pada bahan akan semakin mudah keluar.



Gambar 2.1 Hubungan Suhu dan Kadar Air pada Berbagai Laju Udara Pengering

Sumber : Dwika, dkk (2012:300)

Pada tempertur yang semakin tinggi dan kecepatan udara yang semakin bertambah, penurunan kadar air semakin meningkat, jadi bisa diartikan terjadi proses transfer panas dan momentum yang mempengaruhi proses transfer massa air dari dalam karaginan ke udara pengering. Diperkuat oleh penelitian Maulina, dkk (2013) melakukan penelitian tentang aplikasi *sepray dryer* untuk pengeringan larutan garam *amonium perklorat* sebagai bahan propelan. Metode ini menggunakan garam sebagai pengganti *Amonium Perkhlorat*, proses pengeringan garam dilakukan 20 *run* dengan dilakukan 4 variabel berubah, yaitu suhu inlet 80 °C, 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C, laju aliran udara 9,1 m/s dan 16,3 m/s, laju aliran bahan 5,5 ml/s dan 5,8 ml/s, serta konsentrasi bahan yang masuk 5% gram, 10% gram, 15% gram, 20% gram, 25% gram. Penelitian juga dilengkapi dengan perhitungan densitas, viskositas dan tegangan muka dari garam dan *Amonium Perkhlorat*, dengan menggunakan *picno meter*, *visxcosim eter Ostwald*, dan pipa kapiler, sedangkan pengukuran diameter garam dilakukan menggunakan *scopeman digital CDS Microscope MS-804* dengan pembesaran 40 kali.

Hasil dari penelitian tersebut yaitu pada proses pengerigan selama 13 menit yang terbagi menjadi 3 menit waktu penyemprotan dan 10 menit waktu tinggal dalam kolom *spray dryer*. Pada suhu 80 °C, konsentrasi 20% laju aliran bahan 5,5 ml/s dan laju aliran pengering 9,1 m/s didapatkan partikel garam sebesar 67,144 μm , kemudian dilakukan perhitungan similaritas menggunakan bilangan weber didapat diameter sebesar 42,97 μm . sedangkan pada suhu 100 °C, konsentrasi 20% dengan laju aliran bahan dan laju aliran pengering yang sama didapat diameter partikel 23,433 μm , kemudian menggunakan bilangan *weber*

dimeter sebesar 13,877 μm . Dari hasil yang didapat maka pengaruh operasional yaitu laju transfer panas berbanding lurus dengan suhu, sehingga semakin tinggi suhu maka laju transfer panas akan semakin tinggi yang menyebabkan kadar air pada garam semakin rendah. Bertambahnya kecepatan udara pengering akan meningkatkan difusi panas kedalam butiran umpan sehingga meningkatkan jumlah kadar air pada garam.

Penelitian yang dilakukan oleh Soedijono dan Sarsetiyanto (2006), penelitian tentang Pengaruh posisi *diffuser* dan variasi kecepatan udara masuk terhadap distribusi temperatur ruang terkondisi (sebuah studi numerik), penelitian ini guna mengetahui posisi *diffuser* yang optimum serta kecepatan udara yang masuk *diffuser*.

Posisi *diffuser* mendatar dengan kecepatan udara masuk *diffuser* 4,2 m/s , didapat kurva penurunan temperatur di ruangan yang cukup berbeda dengan kecepatan udara masuk *diffuser* 2,66 m/s. Distribusi temperatur kurang merata pada semua level pengamatan. Pada level pengamatan 2 didapat temperatur rata-rata yang lebih rendah dari level pengamatan 1 dan 3, karena level 2 tepat berada didepan *diffuser*. Terjadi penurunan temperatur yang cukup tajam pada titik pengamatan 5 karena titik tersebut tepat berada di depan *diffuser*, sedangkan pada posisi *diffuser* miring $+30^\circ$ dengan kecepatan udara masuk *diffuser* 4,2 m/s juga didapat penyebaran temperatur yang kurang merata pada seluruh level, pada posisi *diffuser* miring $+30^\circ$ dengan kecepatan udara masuk *diffuser* 2,66 m/s didapat kurva penurunan temperatur di ruangan yang cukup seragam. Tetapi distribusi temperatur yang terjadi kurang seragam pada semua level, hal ini dapat dilihat

beda temperatur yang terjadi masih cukup besar. Penurunan temperatur lebih cepat terjadi level tiga yang berada pada daerah paling atas. kesimpulanya yaitu penempatan *diffuser* dan kecepatan udara masuk sangat berpengaruh terhadap distribusi temperatur pada ruangan yang dikondisikan..

Penelitian yang dilakukan oleh Dewi dan Satibi (2015), pada penelitian pengaruh temperatur *spray dryer* terhadap waktu pengeringan dan rendemen bubuk santan kelapa, menggunakan variasi temperatur *inlet* 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C dan 150 °C menghasilkan produk bubuk santan dengan jumlah yang berbeda. Volume santan 500 mL yang dipisahkan dari lemak serta minyak dan ditambahkan maltodekstrin 10% dan natrium kaseinat 30% .

Tabel 2.1 Hasil Pengeringan Menggunakan *Spray dryer*

No.	<i>Tinlet</i> (°C)	Rendemen
1	110	6.27 %
2	120	6.39%
3	130	6.85%
4	140	7.66%
5	150	4.32%

Sumber : Dewi dan Satibi (2015:29)

Temperatur *inlet* berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan, pada suhu pengering 140 °C rendemen yang diperoleh paling besar 7,66%, pada suhu 150 °C rendemennya sebesar 4,23% karena bahan terlalu lama disimpan sebelum dikeringkan menggunakan *spray dryer*, sehingga banyak produk yang menempel di dinding *spray drying*. Kesimpulanya semakin tinggi temperatur maka hasil akan menjadi lebih kering dan tidak menempel pada dinding sehingga hasil akan mudah masuk ke *cyclone*.

Diperkuat oleh penelitian Tan, dkk (2018) penelitian tentang pengaruh temperatur *spray dryer* untuk merubah laktosa bunga menjadi *griseofulvin* menggunakan empat variabel temperatur inlet yaitu 140 °C, 150 °C, 160 °C dan 200 °C. Efek dari suhu *inlet spray dryer* sangat signifikan pada pengkristalisasi laktosa bunga terhadap kadar air dalam pembuatan obat, semakin tinggi temperatur *inlet* semakin sedikit kadar air yang terkandung didalam hasilnya, pada temperatur 150 °C memiliki jumlah *powder* yang paling sedikit (sekitar 500 cps) dibandingkan pada suhu *inlet* 140 °C dan 160 °C yang relatif lebih banyak sedangkan serbuk yang dikeringkan pada suhu 200 °C memiliki jumlah tertinggi. Kelembaban berdasarkan temperatur *inlet* yaitu :

Tabel 2.2 Kelembaban berdasarkan temperatur *inlet*

No	<i>Tinlet</i> (°C)	Kelembaban
1	140	6,4 ± 1,1%
2	150	2,8 ± 0,6%
3	160	1,9 ± 0,5 %
4	200	0,9 ± 0,3%

Sumber : Tan, dkk (2018:534)

Kadar air pada temperatur 140 °C lebih tinggi dibandingkan kadar air pada temperatur 150 °C meskipun pada proses pengkristalisasi jumlahnya lebih banyak pada 140 °C. Hasil yang paling maksimal yaitu pada temperatur 160 °C dan 200 °C yang memiliki kristalinitas yang tinggi dengan kadar air yang rendah.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas tentang kajian mengenai temperatur *inlet*, kecepatan udara pemanas dan distribusi temperatur merupakan variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian penulis tentang pengaruh

temperatur *inlet* dan kecepatan udara pemanas terhadap distribusi temperatur pada *spray dryer*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi temperatur pada alat *spray dryer* agar dapat mempermudah pengoperasian *spray dryer* dalam proses pembuatan bubuk. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dan udara sebagai bahan fluida yang disemprotkan dengan *nozzle* yang berperan sebagai *atomizer* dengan variasi temperatur *inlet* yang berasal dari pemanas yaitu 125°C, 150°C, 175°C, 200°C dan 225°C. Variasi kecepatan udara pemanas yang digunakan pada penelitian ini yaitu 3,7 m/s dan 11,3 m/s sedangkan tekanan udara yang digunakan tetap yaitu 3,5 atm, dengan pengamatan distribusi temperatur menggunakan termokopel yang dipasang sebanyak 5 (lima) titik jarak yaitu 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm dan 25 cm, yang diukur dari *chamber* bagian atas ke arah bawah secara vertikal pada lubang disebelah *exhaust spray dryer* dengan interval waktu proses yang digunakan yaitu 2 menit, 4 menit, 6 menit, 8 menit dan 10 menit.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Pengerinan

Susilowati, dkk (2009), Pengerinan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan. Pengerinan adalah pemisahan cairan dari suatu bahan padat yang lembab dengan cara menguapkan cairan tersebut dan membuang uap yang terbentuk. Karena memerlukan panas, proses ini disebut pengerinan termal. Setiap pengerinan termal ditandai oleh adanya perpindahan panas dan massa yang berlangsung bersamaan.

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari pada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap dari bahan ke udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah :

- a. laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap puond (lb) air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

2.2.2 Mekanisme Pengeringan

Susilowati, dkk (2009), Proses pengeringan dilakukan melalui dua periode yaitu periode kecepatan konstan dan periode kecepatan penurunan. Periode kecepatan konstan sering kali disebut sebagai periode awal, dimana kecepatannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan massa dan panas.

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih capat.

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan adalah) :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat-fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengering.

Treybal (1981), Proses pengeringan juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening*.

2.2.3 Perpindahan Panas pada Pengeringan

Treybal (1981) Kuantitas panas yang diperlukan untuk pengeringan terdiri atas :

- a. Panas untuk memanaskan bahan yang dikeringkan hingga mencapai suhu pengeringan.
- b. Panas penguapan untuk mengubah cairan ke fase uap.
- c. Panas yang hilang ke lingkungan.

Panas diberikan pada bahan yang akan dikeringkan dengan konduksi, konveksi atau radiasi. Pertukaran panas dapat terjadi secara langsung atau tidak langsung. Media pemanas yang digunakan antara lain : udara dan steam.

1. Pengeringan Konveksi

Panas yang diperlukan dipindahkan secara langsung ke bahan yang akan dikeringkan oleh suatu gas panas (biasanya udara). Dalam hal ini bahan yang akan dikeringkan dapat dikontakkan dengan udara panas menurut cara yang berbeda-beda misalnya fluidisasi dan penghamburan (*spray*).

Suatu pertukaran panas yang baik dapat dicapai, bila antar udara panas dan bahan yang dikeringkan terdapat selisih kecepatan yang besar. Udara panas tidak hanya digunakan untuk memanaskan bahan basah, tetapi juga untuk menyerap dan mengeluarkan uap yang terjadi. Oleh karena itu pada saat memasuki alat pengering, udara harus sekering mungkin (daya serap udara terhadap uap jauh lebih besar pada suhu yang lebih tinggi). Selama berlangsung proses pengeringan, udara panas berubah menjadi dingin (panas diberikan pada bahan yang dikeringkan).

Treybal (1981) persamaan laju perpindahan panas konveksi, bila $T_s < T_\infty$ adalah :

$$q_{konv} = h A (T_w - T_\infty) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

q_{konv} = Besar laju perpindahan konveksi (W)

h = Koefisien konveksi (W/m^2K)

A = Luasan permukaan perpindahan panas (m^2)

T_w = Temperatur permukaan (K)

T_∞ = Temperatur fluida (K)

Persamaan di atas disebut dengan Hukum Newton Pendingin atau *Newton's Law of Cooling*.

2. Pengeringan radiasi

Panas yang diperlukan dipindahkan secara langsung sebagai radiasi inframerah dari suatu sumber panas ke bahan yang akan dikeringkan. Untuk memindahkan kuantitas panas yang besar temperatur radiasi harus tinggi (400-2000 °C), dengan suhu tersebut waktu pengeringan dapat menjadi singkat. Laju perpindahan panas netto radiasi dirumuskan sebagai berikut Bermasconi, dkk (1995) :

$$q_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

q_{rad} = Laju perpindahan panas radiasi (W)

ε = Emisivitas permukaan material

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann
= $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

A = Luasan permukaan benda (m^2)

T_s = Temperatur permukaan benda (K)

T_{sur} = Temperatur *surrounding* (K)

3. Pengeringan Konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi pada media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur.

Hal ini merupakan perpindahan dari partikel yang lebih enerjik ke partikel yang kurang enerjik pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Energi ini dihubungkan dengan peragaan translasi, sembarang, rotasi dan getaran dari molekul-molekul. Temperatur lebih tinggi berarti molekul lebih berenergi memindahkan energy ke temperatur lebih rendah (kurang energi). Untuk konduksi panas, persamaan aliran dikenal dengan Hukum Fourier.

Jika pada kondisi dinding datar, laju perpindahan panas satu dimensi adalah sebagai berikut Bernasconi, dkk (1995) :

$$q_{kond} = -k \cdot A \cdot dT/dx \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

q_{kond} = Besar laju perpindahan panas konduksi (W)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m.K)

dT/dx = *Temperature gradient* (K/m)

A = Luasan permukaan perpindahan panas (m²)

(-) = Perpindahan panas dari temperatur tinggi ke tempratur rendah.

2.2.4 Teori *Mixing Chamber*

Mencampur dua aliran cairan bukanlah hal yang langka. Bagian di mana proses pencampuran berlangsung biasanya disebut sebagai ruang pencampuran. Ruang pencampuran tidak harus seperti itu ruang yang berbeda. Siku-T biasa atau siku-Y di pancuran, untuk misalnya, berfungsi sebagai ruang pencampur untuk aliran air dingin dan panas. Konservasi prinsip massa untuk ruang pencampuran mensyaratkan bahwa jumlah laju aliran massa yang masuk sama dengan laju aliran massa dari campuran yang keluar. Ruang pencampur biasanya terisolasi

dengan baik ($q=0$) dan biasanya tidak melibatkan segala jenis usaha ($w=0$), juga energi kinetik dan potensial dari aliran fluida biasanya diabaikan, yang tersisa dalam persamaan energi adalah energi total dari aliran yang masuk dan campuran keluar. Prinsip konservasi energi mensyaratkan keduanya sama rata. Di bawah ini merupakan asumsi dan pengamatan yang dinyatakan, keseimbangan massa dan energy untuk system aliran tetap ini dapata dinyatakan dalam bentuk laju sebagai berikut:

$$\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} = dm_{system}/dt = 0 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out} \dot{m}_1 \longrightarrow +\dot{m}_2 = \dot{m}_3 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = dE_{system}/dt = 0 \dots\dots\dots(2.6)$$

2.2.5 Hubungan Kecepatan Udara dan Temperatur

Efriyanto, dkk (2012), aliran angin dan kecepatan angin menentukan kecepatan pembakaran, dimana udara berfungsi sebagai pentrasfer perpindahan panas pada suatu bahan, sehingga mempengaruhi cepatnya bahan untuk terbakar. *Spontaneous combustion* pada bahan terjadi akibat kontak dengan atmosfer (udara) yang secara cepat atau lambat menunjukkan tanda-tanda oksidasi dan pelapukan dengan penurunan konten kalori.

2.2.6 Efisiensi Termal

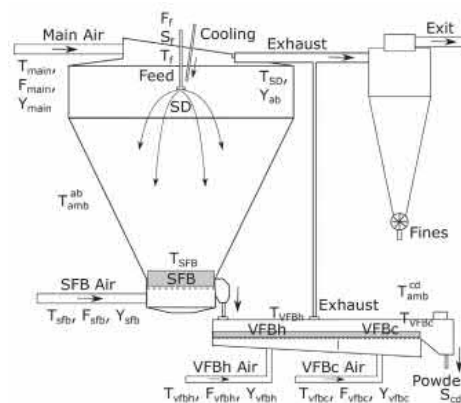
Cengel dan Boles (2006) menjelaskan bahwa efisiensi termal merupakan bagian input panas yang dikonversi menjadi input kerja bersih adalah ukuran dari kinerja mesin Q_{out} mewakili besarnya energi yang terbuang untuk menyelesaikan siklus. Q_{out} tidak pernah nol, maka dari itu hasil kerja bersih dari panas mesin selalu kurang dari jumlah *input* panas. Hal itu menandakan hanya sebagian panas

yang ditransfer ke mesin panas dikonversi untuk bekerja, *output* yang diinginkan adalah *output* kerja bersih, dan *input* yang dibutuhkan adalah jumlah panas yang dipasok kefluida kerja. Efisiensi termal dari mesin panas dapat dinyatakan sebagai berikut Cengel dan Boles (2006) :

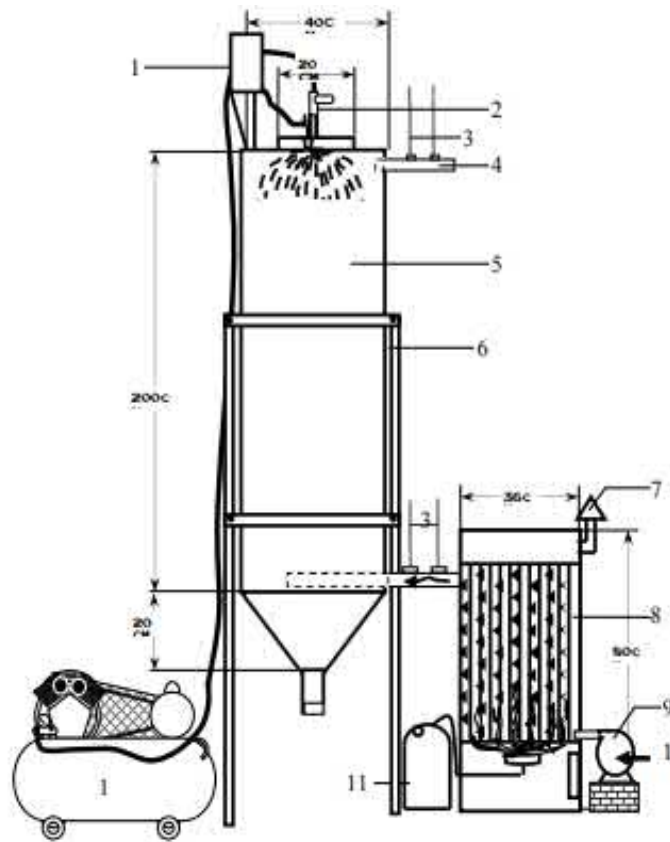
$$\text{Efisiensi termal} = \frac{\text{Output kerja bersih}}{\text{Total panas input}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.2.7 Komponen *Spray dryer*

Pengeringan semprot merupakan jenis pengering yang digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubur (*slurry*) sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Pengeringan semprot dapat menggabungkan fungsi evaporasi, kristalisator, pengering, unit penghalus dan unit klasifikasi. Penguapan dari permukaan tetesan menyebabkan terjadinya pengendapan zat terlarut pada permukaan. *Spray drying* ini, menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk *droplet*, selanjutnya *droplet* yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Dalam pengering semprot, bubur atau larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut. Susilowati dkk (2009).



Gambar 2.2 Diagram prinsip *spray dryer* terintegrasi (Petersen, dkk 2017)



- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Tangki penampung ekstraksi (<i>feed</i>) | 7. Cerobong asap |
| 2. <i>Nozzle</i> | 8. Tangki pemanas udara |
| 3. Termometer | 9. <i>Blower</i> |
| 4. Udara keluar | 10. Udara masuk |
| 5. Tangki pengering | 11. Kompor |
| 6. Besi kerangka | 12. Kompresor |

Gambar 2.3 Skema alat *spray dryer*

Sumber : Susilowati dkk (2009)

2.2.8 Fluida

Fox and McDonald's (1994) Fluida adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan berubah secara kontinyu apabila mengalami geseran, atau mempunyai reaksi terhadap tegangan geser sekecil apapun. Dalam keadaan diam atau dalam keadaan keseimbangan, fluida tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja padanya, dan oleh sebab itu fluida mudah bebrubah bentuk tanpa pemisahan massa.

Fluida dibedakan menjadi dua yaitu :

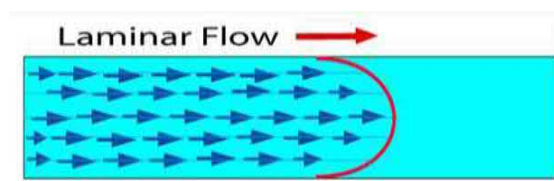
1. Gas : tidak mempunyai permukaan bebas, dan massanya selalu berkembang mengisi seluruh volume ruangan.
2. Cairan : mempunyai permukaan bebas, dan massanya akan mengisi ruangan sesuai dengan volumenya serta tidak termanfaatkan.

3.2.9 Aliran Fluida

Fox, dkk (2003) Aliran fluida dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu :

a. Aliran Laminar

Aliran fluida dapat dikatakan laminar jika lapisan fluida bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, atau dapat dikatakan bahwa aliran laminar ditandai dengan tidak adanya ketidak beraturan atau fluktuasi di dalam aliran fluida. Karena aliran fluida pada aliran laminar bergerak dalam lintasan yang sama tetap maka aliran laminar dapat diamati. Viskositas yang tinggi dan kecepatan aliran yang kecil/rendah merupakan hal yang mempengaruhi aliran laminar.

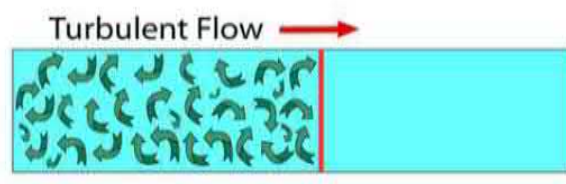


Gambar 2.4 Aliran Laminar (Fox, dkk 2003)

b). Aliran Turbulen

Sedangkan aliran dikatakan turbulen, jika gerakan fluida tidak lagi tenang dan tunak (berlapis atau laminar) melainkan menjadi bergolak dan bergejolak (bergolak atau turbulen). Pada aliran turbulen partikel fluida tidak membuat fluktuasi tertentu dan tidak memperlihatkan pola gerakan yang dapat diamati.

Aliran turbulen hampir dapat dijumpai pada praktek hidrolika. Dan diantara aliran laminar dan turbulen terdapat daerah yang dikenal dengan daerah transisi. Pengaruh viskositas yang besar dapat meredam gangguan yang dapat menyebabkan aliran turbulen, dengan berkurangnya kekentalan dan bertambahnya kecepatan aliran maka daya redam terhadap gangguan akan berkurang, yang pada suatu batas tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan aliran dari laminar ke turbulen.

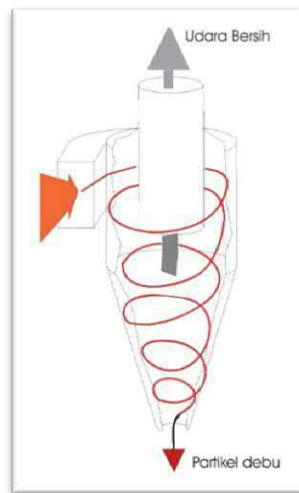


Gambar 2.5 Aliran Turbulen (Fox, dkk 2003)

3.2.10 *Cyclone* (Gaya Aliran Sentrifugal)

Sylvia, dkk (2014), *Cyclone* merupakan peralatan mekanis sederhana *cyclone* mempunyai bentuk yang khas, mudah dikenal pada beberapa industri. Mekanisme kerja utama *cyclone* gaya sentrifugal yaitu aliran yang masuk akan bergerak berputar secara spiral, karena adanya gaya momentum dan inersia menyebabkan partikulat terlepas dari aliran fluida dan mengenai dinding *cyclone* yang menyebabkan partikular jatuh ke *hopper*. Gaya gravitasi partikulat yang telah menumbuk dinding *cyclone*, karena berat partikulat secara gravitasi akan jatuh ke dalam *hopper*. Mekanismenya yaitu aliran fluida diinjeksikan melalui pipa input, bentuk kerucut *cyclone* mengindusikan aliran gas atau fluida untuk berputar, menciptakan *vortex*. Partikel dengan ukuran atau kerapatan yang lebih besar didorong ke arah luar *vortex*. Gerak spiral dari aliran fluida bergerak

sepanjang dinding *cyclone*, berputar beberapa kali secara spiral karah bawah hingga mencapai dasar *cyclone*. Kemudian gerak akan berubah berlawanan menuju ke pusat tabung dan bergerak keatas keluar melalui *vortex*.



Gambar 2.6 Gambar *cyclone* penyaringan udara

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian variasi temperatur *inlet* pemanas dan kecepatan udara pemanas berpengaruh terhadap distribusi temperatur pada *spray dryer* yang diteliti pada 5 titik dalam interval waktu 10 menit didalam *Chamber* (ruang pengering).
2. Variasi temperatur *inlet* pemanas yang digunakan dalam penelitian berpengaruh terhadap distribusi temperatur, semakin tinggi nilai temperatur *inlet* pemanas menyebabkan temperatur yang terdistribusi semakin meningkat, sehingga transfer panas didalam ruang pengering semakin optimal.
3. Variasi kecepatan udara yang digunakan dalam penelitian berpengaruh terhadap distribusi temperatur pada *spray dryer*, semakin tinggi kecepatan udara pemanas menyebabkan temperatur yang terdistribusi semakin menurun, sehingga semakin rendah kecepatan udara maka dapat mengoptimalkan distribusi temperatur.
4. Variasi temperatur *inlet* udara dan kecepatan udara yang digunakan dalam penelitian berpengaruh terhadap efisiensi termal pada *spray dryer*, semakin tinggi kecepatan udara pemanas dan temperatur *inlet* udara menyebabkan efisiensi termal semakin tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka terdapat saran sebagai berikut:

1. Penggunaan *spray dryer* untuk mengkristalisasi suatu bahan menggunakan temperatur inlet 175 °C, tekanan 3,5 kgf/cm² dan kecepatan udara 11,3 m/s.
2. *Heat gun* yang digunakan diganti menggunakan *heater* dan *blower* yang terpisah sehingga tidak terbatas pada kapasitas pemakaian.
3. Atomiser (*nozzle*) yang digunakan diganti dengan tipe dua input otomatis (cair dan udara) agar lebih memudahkan saat proses pengujian.
4. Komponen yang mengalami kontak langsung dengan panas perlu di *upgrade* material menggunakan *stainless steel*.
5. Sambungan (*flange*) antara ruang pengering dan siklon perlu dirapatkan, untuk mengantisipasi kebocoran.
6. Penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi temperatur.
7. Variasi nilai temperatur *inlet* pemanas dan kecepatan udara pemanas diperbanyak dengan selisih angka yang digunakan tidak terpaut jauh, agar diperoleh data yang lebih rinci.
8. Interval waktu yang digunakan dalam pengujian sebaiknya diperpanjang sehingga dapat terlihat perubahan temperatur yang terdistribusi saat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A dan M. A Boles. 2006. *Thermodynamic An Engineering Approach*. McGrawHill, Inc
- Dewi. A. K, R. A. Nugrahani, dan L. Satibi. 2015. Kajian pengaruh temperatur pengeringan semprot (*Spray dryer*) terhadap kadar air santan kelapa bubuk (Coconut Milk Powder). *Teknik Kimia UMJ*, 1-5.
- Dewi. A. K, dan L. Satibi. 2015. Kajian pengaruh temperatur pengeringan semprot (*spray dryer*) terhadap waktu pengeringan dan rendemen bubuk santan kelapa (coconut milk powder). *Teknik Kimia UMJ* 4(1): 25-31.
- Djafaar. T. F, U. Santoso, dan A. Ariestyanta. 2016. Pengaruh Penambahan Maltodekstrin dan Suhu Inlet *Spray dryer* terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Bubuk Sari Kerandang (*Canavalia virosa*). *Jurnal Agritech* 37(3): 334-342.
- Dwika. R. T, T. Ceningsih, dan S. B. Sasongko. 2012. Pengaruh suhu dan laju alir udara pengering pada pengeringan kariganan menggunakan teknologi *spray dryer*. *Jurnal Teknologi dan Industri* 1(1): 298-304.
- Efriyanto. J, M. Yusuf, dan H. E. Handayani. 2012. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Kenaikan Temperatur dan Lamanya Waktu pada Proses Swabakar Batubara BA-59, BA-61, BA-63 pada Skala Laboratorium. *Skripsi*. Sumatra: Universitas Sriwijaya.
- Julklang. W, A. Wangriya, dan B. Golman. 2017. Fabrication of layered double hydroxide microspheres by spray drying of nanoparticles: Effects of process conditions. *Journal Materials Letters* 209: 429-432.
- Maulina. C. A, A. Rosarrah, dan M. Djaeni. 2013. Aplikasi *spray dryer* untuk pengeringan larutan garam ammonium perklorat sebagai bahan propelan. *Jurnal Teknologi Kimia* 2(4): 84-92.
- Mauliza. I. N, Mardiyanti, O. Djamaludin, dan M. Komalasari. 2016. Potensi umbi bengkuang dan tongkol jagung sebagai media penghasil zat warna merah melalui metode solid state fermentation untuk memperkaya material pewarna batik. *Jurnal Riset Industri* 10(1): 34-40.

- Paryanto, R. Kridyantoro. , dan Y. S. Prabowo. 2015. Pembuatan zat warna alami berbentuk bubuk (powder) dari biji kesumba (bixa orellana). *Jurnal Ekuilibrium* 14(1): 13-16.
- Peterson. L. N, N. K. Poulsen, H. H. Nieman, C. Utzen, dan J. B. Jorgensen. 2017. Comparison of three control strategies for optimization of *spray dryer* operation. *Journal of Process Control* . 57 : 1-14.
- Pinalia, A., B, Priyannto., dan R. R, Puspitasari. 2017. Pengaruh Sufraktan Dalam Proses Rekristalisasi Ap terhadap Ukuran Partikel. *Seminar Nasional Iptek Penerbangan dan Antariksa*. Bandung. 402-406.
- Setyawan. I. A, Y. Syukri, dan H. Anshory. Pengaruh suhu pengeringan *spray dryer* terhadap sifat fisik dan aktivitas antioksidan tablet ekstrak buah mahkota dewa (phaleria macrocarpa boerl.). *Journal of Science and Applicative Technologi* : 34-39.
- Soedijono. D. M. E, dan J. Sarsetyono. 2006. Pengaruh Posisi Difuser dan Variasi Kecepatan Udara Masuk terhadap Distribusi Temperatur Ruang Terkondisi (Sebuah Studi Numerik). *Jurnal Teknik Mesin* 8(1): 1-7.
- Soedjana. T. D. 1997. Penawaran, Permintaan dan Konsumsi Produk Peternakan di Indonesia. *Jurnal FAE* 15(1 & 2): 17-34.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Susilowati. D. E, E. Susilowati, G. H Parwanto, dan N. Susanto. 2009. Alat pengering zat warna alami (*spray dryer*) tipe kontinyu berlawanan arah dengan menggunakan udara panas. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sylvia. N, Yunardi, Elwina, Wusnah, dan Y. Bindar. 2014. CFD Analysis of Efficiency and Pressure Drop in a Gas-Solid Square Cyclone Separator. *The proceedings of the 4th Annua International Corference Syiah Kuala University*. Banda Aceh: Syiah Kuala University.
- Tan. S, T. Jiang, A. Ebrahim, dan T. Langrish. 2006. Effect of spray-drying temperature on the formation of flower-like lactose for griseofulvin loading. *European Journal of Pharmaceuntical Sciences* 111: 524-539.

- Treybal, Robert E. 1981. "Mass Transfer Operation", 3th edition. Mc Graw Hill, Inc, New york.
- Wibawa. I. W. S, I. B. J. Kusuma, dan I. N. Budiarsa. 2015. Uji Variasi Tekanan Nosel Terhadap Karakteristik Semprotan Bahan Bakar Biodiesel. *Jurnal METTEK* 1(2): 35-44.