

SKRIPSI

**SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN PANAS PADA
FLUIDIZED BED SPRAY DRYER DENGAN
VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP SUMBU Y**



*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

MUHAMMAD RIZQI

1502617008

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I

Judul : SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN
PANAS PADA FLUIDIZED BED *SPRAY DRYER*
DENGAN VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP
SUMBU Y

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizqi
NIM : 1502617008
Pembimbing I : Pratomo Setyadi, S.T, M.T.
Pembimbing II : Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T.
Tanggal Ujian : 14 Juli 2021

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Pratomo Setyadi, S.T, M.T.

NIP : 198102222006041001

Pembimbing II



Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T.

NIP : 197602052006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Aam Amaningsih Jumbuh, Ph. D.



NIP : 197110162008122001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI II

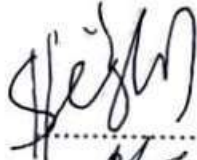
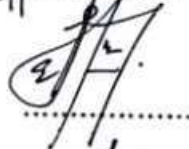
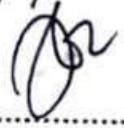
Judul : SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN
PANAS PADA FLUIDIZED BED *SPRAY DRYER*
DENGAN VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP
SUMBU Y

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizqi
NIM : 1502617008

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|--|---|-----------------------|
| <u>Pratomo Setyadi, S.T., M.T.</u> NIP. 198102222006041001 (Dosen Pembimbing I) |  | 22 Juli 2021 |
| <u>Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.</u> NIP. 197602052006041001 (Dosen Pembimbing II) |  | 23 Juli 2021 |

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|---|---|-----------------------|
| <u>Drs. H. Sirojuddin, M.T.</u> NIP. 196010271990031003 (Ketua) |  | 22 Juli 2021 |
| <u>Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.</u> NIP. 198310132008121002 (Sekretaris) |  | 23 Juli 2021 |
| <u>Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T.</u> NIP. 198105052008121002 (Dosen Ahli) |  | 23 Juli 2021 |

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



Aam Amaningsih Jumbuh, Ph.d.
NIP. 197110162008122001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan didalam daftar pustaka
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Juli 2021

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Rizqi

1502617008

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I

Judul : SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN
PANAS PADA FLUIDIZED BED *SPRAY DRYER*
DENGAN VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP
SUMBU Y

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizqi
NIM : 1502617008
Pembimbing I : Pratomo Setyadi, S.T, M.T.
Pembimbing II : Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T.
Tanggal Ujian : 14 Juli 2021

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Pratomo Setyadi, S.T, M.T.

NIP : 198102222006041001

Pembimbing II



Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T.

NIP : 197602052006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Mencerdaskan dan
Membahayakan Bangsa


Aam Amaningsih Jumhur, Ph. D.

NIP : 197110162008122001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI II

Judul : SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN
PANAS PADA FLUIDIZED BED *SPRAY DRYER*
DENGAN VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP
SUMBU Y

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizqi

NIM : 1502617008

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|------------|--------------|---------|
|------------|--------------|---------|

Pratomo Setvadi, S.T., M.T.

NIP. 198102222006041001

(Dosen Pembimbing I)



22 Juli 2021

Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

NIP. 197602052006041001

(Dosen Pembimbing II)



23 Juli 2021

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

| NAMA DOSEN | TANDA TANGAN | TANGGAL |
|------------|--------------|---------|
|------------|--------------|---------|

Drs. H. Sirojuddin, M.T.

NIP. 196010271990031003

(Ketua)



22 Juli 2021

Dr. Eko Arif Saefuddin, M.T.

NIP. 198310132008121002

(Sekretaris)



23 Juli 2021

Dr. Himawan Hadi Sutrisno, M.T.

NIP. 198105052008121002

(Dosen Ahli)



23 Juli 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Universitas Negeri Jakarta



Aam Amaningsih Jumhur, Ph.d.

NIP. 197110162008122001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan didalam daftar pustaka
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Juli 2021

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Rizqi

1502617008



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Rizqi
NIM : 1502617008
Fakultas/Prodi : FT/Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : muhrizqi028@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Simulasi Aliran Fluida dan Perpindahan Panas pada Fluidized Bed Spray Dryer dengan

Vortex Generator 30° terhadap sumbu Y

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 14 Juli 2021

Penulis

(Muhammad Rizqi)

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan Rahmat dan Nikmatnya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul. **“SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN PANAS PADA FLUIDIZED BED SPRAY DRYER DENGAN VORTEX GENERATOR 30° TERHADAP SUMBU Y”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunianya.
2. Almarhum Ayah dan Ibu yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil.
3. Bapak Pratomo Setyadi, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan motivasi, arahan, bimbingan yang sangat baik, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan arahan, bimbingan yang sangat baik, serta semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D. selaku Kepala Prodi Pendidikan Teknik Mesin.
6. Bu Aam Amaningsih Jumhur, Ph.D. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan selama perkuliahan.
7. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Mesin UNJ, Staff Tata Usaha dan Karyawan Jurusan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Namun, tidak mengurangi rasa hormat saya kepada beliau.
8. Inez Ardelia dan Muhammad Abyasa Handoko.
9. Teman-teman *Spray Dryer*.

10. Seluruh teman-teman Teknik Mesin UNJ, terutama angkatan 2017 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
11. Seluruh pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah turut serta membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu saya mohon maaf apabila terdapat kesalahan baik dari segi isi ataupun tulisan dan baik yang disengaja ataupun tidak disengaja. Akhir kata saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi diri saya sendiri dan umumnya bagi para pembaca.

Jakarta, Juli 2021



Muhammad Rizqi

*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

ABSTRAK

MUHAMMAD RIZQI, PRATOMO SETYADI, S.T., M.T., Ir. NUGROHO GAMA YOGA, S.T., M.T., 2021, SIMULASI ALIRAN FLUIDA DAN PERPINDAHAN PANAS PADA *FLUIDIZED BED SPRAY DRYER* DENGAN *VORTEX GENERATOR 30°* TERHADAP SUMBU Y, Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Abstrak, *Fluidized Bed Spray Dryer* merupakan pengering semprot yang cara kerjanya dengan memperlakukan partikel larutan susu seperti fluida. Didalam simulasi ini, *Spray Dryer 1* memiliki *Vortex Generator (VG)* dengan geometri 30° terhadap sumbu Y dan saling berlawanan. Sedangkan, *Spray Dryer 2* memiliki geometri sesuai standar pipa. Simulasi dilakukan pada 5 temperatur yang berbeda dengan densitas larutan sebesar 1050 kg/m^3 . Distribusi panas pada lima temperature tersebut memiliki kondisi yang menyerupai. Baik dalam kondisi *Spray Dryer 1* maupun *2*. Nilai distribusi panas yang baik ada pada *Spray Dryer 1*. Dikarenakan nilai intensitas turbulensinya tertinggi ada pada *Spray Dryer 1*. Hal ini terjadi karena VG memiliki bentuk yang menyebabkan aliran didalam silo menjadi sangat acak dibandingkan dengan *Spray Dryer 2*. Dengan nilai 188% pada kondisi *2 Spray Dryer 1* dan 174 % pada *Spray Dryer 2* dengan kondisi yang sama. Kecepatan aliran udara (*Velocity*) yang keluar dari VG sebesar 25 m/s pada *Spray Dryer 1*. Sedangkan *velocity* yang keluar dari VG *Spray Dryer 2* hanya 20 m/s. Serta, Nilai koefisien konveksi mengalami penurunan saat meningkatnya temperature udara yang masuk. Hal ini terjadi karena nilai densitas udara turun sejalan dengan meningkatnya temperature.

Kata Kunci : Simulasi, *Fluidized Bed, Spray Dryer*, Perpindahan Panas, Aliran Fluida

ABSTRACT

MUHAMMAD RIZQI, PRATOMO SETYADI, S.T., M.T., Ir. NUGROHO GAMA YOGA, S.T., M.T., 2021, SIMULATION OF FLUID FLOW AND HEAT TRANSFER ON FLUIDIZED BED *SPRAY DRYER* WITH VORTEX GENERATOR 30° ON THE Y AXIS, Mechanical Engineering Education, Faculty of Engineering, State University of Jakarta.

Abstract, Fluidized Bed Spray Dryer is a spray dryer that works by treating the milk solution particles like a fluid. In this simulation, Spray Dryer 1 has a Vortex Generator (VG) with a geometry of 30° to the Y axis and opposite to each other. Meanwhile, Spray Dryer 2 has a geometry according to pipe standards. Simulations were carried out at 5 different temperatures with a solution density of 1050 kg/m³. The heat distribution at these five temperatures has similar conditions. Both in Spray Dryer 1 and 2. Good heat distribution values exist in Spray Dryer 1. Due to the highest turbulence intensity value in Spray Dryer 1. This happens because VG has a shape that causes the flow in the silo to be very random compared to the Spray Dryer. 2. With a value of 188% on condition 2 Spray Dryer 1 and 174% on Spray Dryer 2 under the same conditions. Velocity of air coming out of VG is 25 m/s in Spray Dryer 1. Meanwhile, velocity coming out of VG Spray Dryer 2 is only 20 m/s. Also, the value of the convection coefficient decreases as the incoming air temperature increases. This happens because the value of air density decreases with increasing temperature.

Keywords : Simulation, Fluidized Bed, Spray Dryer, Heat Transfer, Fluid Flow

Memartabatkan Bangsa

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI I | i |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI II | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I | 17 |
| 1.1 Latar Belakang | 17 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 19 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 19 |
| 1.4 Perumusan Masalah..... | 19 |
| 1.5 Tujuan Penelitian..... | 20 |
| 1.6 Manfaat Penelitian..... | 20 |
| BAB II | 21 |
| 2.1 <i>Spray Dryer</i> | 21 |
| 2.2 Definisi Pengeringan | 21 |
| 2.3 Jenis Pengeringan | 21 |
| 2.5 Pengeringan Semprot | 22 |
| 2.6 Perpindahan Panas..... | 23 |
| 2.6.1 Perpindahan Panas Konduksi..... | 23 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 2.6.2 | Perpindahan Panas Konveksi | 24 |
| 2.6.3 | Perpindahan Panas Radiasi | 29 |
| 2.7 | Fluidisasi | 30 |
| 2.7.1 | Jenis-jenis Fluidisasi | 30 |
| 2.7.2 | Tahapan Fluidisasi | 31 |
| 2.8 | <i>Vortex Generator</i> | 34 |
| 2.9 | <i>Computer Fluid Dynamics (CFD)</i> | 34 |
| 2.8.1 | <i>Pre-Processor</i> | 39 |
| 2.8.2 | <i>Solver</i> | 39 |
| 2.8.3 | <i>Post Processor</i> | 40 |
| BAB III | | 41 |
| 3.1 | Tempat dan waktu penelitian | 41 |
| 3.2 | Alat dan bahan penelitian | 41 |
| 3.3 | Diagram Alir..... | 41 |
| 3.3.1 | Uraian Diagram Alir | 43 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian..... | 46 |
| 3.4.1 | Persiapan alat dan bahan | 46 |
| 3.4.2 | Pengukuran <i>Existing silo</i> | 46 |
| 3.4.3 | <i>Redesign Spray Dryer</i> | 46 |
| 3.4.4 | Perhitungan | 46 |
| 3.4.5 | CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>)..... | 49 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data..... | 52 |
| 3.6 | Variabel Tetap | 54 |
| 3.7 | Variabel Bebas | 55 |
| BAB IV | | 56 |
| 4.1 | Deskripsi Hasil Penelitian | 56 |

| | | |
|-----------------------------|--|------------|
| 4.1.1 | Desain <i>Spray Dryer</i> | 56 |
| 4.1.2 | Material <i>Spray Dryer</i> | 58 |
| 4.1.3 | Perhitungan untuk input parameter <i>Boundary Conditions</i> | 58 |
| 4.1.4 | Perbandingan Temperature | 64 |
| 4.1.5 | Perbandingan Aliran Udara | 71 |
| 4.1.6 | Perbandingan Intensitas Turbulensi..... | 72 |
| 4.1.7 | Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas..... | 76 |
| 4.2 | Analisis Data Hasil Simulasi | 83 |
| 4.2.1 | Perpindahan Panas dan Aliran Udara pada <i>Spray Dryer</i> | 83 |
| 4.2.2 | Intensitas Turbulen pada <i>Spray Dryer</i> | 83 |
| 4.2.3 | Koefisien Perpindahan Panas pada <i>Spray Dryer</i> | 83 |
| 4.3 | Pembahasan | 84 |
| 4.4 | Aplikasi Hasil Penelitian | 84 |
| BAB V | | 85 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 85 |
| 5.2 | Saran | 85 |
| LAMPIRAN | | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 105 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | | 107 |

*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul Gambar | Halaman |
|-------|--|---------|
| 2.1 | Perpindahan Panas Konduksi | 24 |
| 2.2 | Perpindahan Panas Konveksi Paksa | 25 |
| 2.3 | Jenis aliran fluida | 26 |
| 2.4 | Konveksi Bebas | 28 |
| 2.5 | Perpindahan Panas Radiasi | 29 |
| 2.6 | Hampan tetap | 31 |
| 2.7 | Hampan fluidisasi gelembung | 32 |
| 2.8 | Hampan besar | 33 |
| 2.9 | Hampan turbulen | 33 |
| 2.10 | (a) <i>Finite difference method</i> ; (b) <i>Finite element method</i> | 38 |
| 2.11 | (a) Pemodelan <i>finite difference</i> ; (b) Pemodelan <i>finite element</i> | 39 |
| 2.12 | <i>Finite element</i> dan <i>Finite Volume</i> | 39 |
| 3.1 | Diagram Alir | 42 |
| 3.2 | 2D <i>Modelling Spray Dryer 1 (Existing)</i> | 43 |
| 3.3 | 2D <i>Modelling Spray Dryer 2 (Perubahan geometri pada VG)</i> | 44 |
| 3.4 | 3D <i>Modelling Spray Dryer 1 (Existing)</i> | 44 |
| 3.5 | 3D <i>Modelling Spray Dryer 1 (Modifikasi VG)</i> | 44 |
| 3.6 | <i>Import geometry ANSYS dari Solidworks</i> | 50 |
| 3.7 | <i>Meshing</i> | 51 |
| 3.8 | <i>Input nilai dari kondisi udara</i> | 51 |
| 3.9 | <i>Input nilai dari kondisi larutan susu</i> | 52 |
| 3.10 | Input thermal properties SS 304 | 52 |
| 3.11 | Input parameter pada <i>Injection Spray Dryer</i> | 53 |
| 3.12 | Kondisi Simulasi pada <i>Spray Dryer 1 (Existing)</i> | 54 |
| 3.13 | Kondisi Simulasi pada <i>Spray Dryer 2 (Modifikasi VG)</i> | 54 |
| 4.1 | 2D <i>Modelling Existing Spray Dryer</i> | 56 |
| 4.2 | 2D <i>Modelling Spray Dryer dengan modifikasi pada</i> | 57 |

| | | |
|------|--|----|
| | geometri dan bentuk elbow | |
| 4.3 | 3D Modelling Spray Dryer 1 dan 2 | 57 |
| 4.4 | Grafik Perbedaan Temperature pada Eksperimen, Simulasi Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 1, 2 dan 3 dengan temperature inlet 80 °C | 66 |
| 4.5 | Grafik Perbedaan Temperature pada Eksperimen, Simulasi Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 1, 2 dan 3 dengan temperature inlet 90 °C | 67 |
| 4.6 | Grafik Perbedaan Temperature pada Eksperimen, Simulasi kondisi 1, 2 dan 3 dengan temperature inlet 100 °C | 67 |
| 4.7 | Grafik Perbedaan Temperature pada Eksperimen, Simulasi Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 1, 2 dan 3 dengan temperature inlet 110 °C | 67 |
| 4.8 | Grafik Perbedaan Temperature pada Eksperimen, Simulasi Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 1, 2 dan 3 dengan temperature inlet 120 °C | 68 |
| 4.9 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 80 °C | 68 |
| 4.10 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 2 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 80 °C | 68 |
| 4.11 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 90 °C | 69 |
| 4.12 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 2 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 90 °C | 69 |
| 4.13 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 100 °C | 69 |
| 4.14 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 2 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 100 °C | 70 |
| 4.15 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 110 °C | 70 |
| 4.16 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 2 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 110 °C | 70 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.17 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 120 °C | 71 |
| 4.18 | Perbandingan Perpindahan Panas pada Spray Dryer 1 kondisi 1, 2, dan 3 pada temperature inlet 120 °C | 71 |
| 4.19 | Perbandingan Kecepatan aliran udara pada Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 1 dengan temperature inlet 80 °C | 72 |
| 4.20 | Perbandingan Kecepatan aliran udara pada Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 2 dengan temperature inlet 80 °C | 72 |
| 4.21 | Perbandingan Kecepatan aliran udara pada Spray Dryer 1 dan 2 pada kondisi 3 dengan temperature inlet 80 °C | 72 |
| 4.22 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 80 °C | 73 |
| 4.23 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 80 °C | 73 |
| 4.24 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 90 °C | 73 |
| 4.25 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 90 °C | 74 |
| 4.26 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 100 °C | 74 |
| 4.27 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 100 °C | 74 |
| 4.28 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 110 °C | 75 |
| 4.29 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 110 °C | 75 |
| 4.30 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 120 °C | 75 |
| 4.31 | Intensitas Turbulensi pada Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2 dan 3 pada temperature inlet 120 °C | 76 |
| 4.32 | Grafik Perubahan nilai koefisien konveksi antara simulasi Spray Dryer 1 pada kondisi 1, 2 dan 3 | 77 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.33 | Grafik Perubahan nilai koefisien konveksi antara simulasi Spray Dryer 2 pada kondisi 1, 2 dan 3 | 77 |
| 4.34 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 1 pada temperature inlet 80 °C | 78 |
| 4.35 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 2 pada temperature inlet 80 °C | 78 |
| 4.36 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 3 pada temperature inlet 80 °C | 78 |
| 4.37 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 1 pada temperature inlet 90 °C | 79 |
| 4.38 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 2 pada temperature inlet 90 °C | 79 |
| 4.39 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 3 pada temperature inlet 90 °C | 79 |
| 4.40 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 1 pada temperature inlet 100 °C | 80 |
| 4.41 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 2 pada temperature inlet 100 °C | 80 |
| 4.42 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 3 pada temperature inlet 100 °C | 80 |
| 4.43 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 1 pada temperature inlet 110 °C | 81 |
| 4.44 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 2 pada temperature inlet 110 °C | 81 |
| 4.45 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 3 pada temperature inlet 110 °C | 81 |
| 4.46 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 1 pada temperature inlet 120 °C | 82 |
| 4.47 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 2 pada temperature inlet 120 °C | 82 |
| 4.48 | Hasil Simulasi Koefisien konveksi pada kondisi 3 pada temperature inlet 120 °C | 82 |

DAFTAR TABEL

| No | Judul Tabel | Halaman |
|------|--|---------|
| 3.1 | Property of Values of Dry Air at 1 Atm | 48 |
| 4.1 | Tabel Properties Material SS 304 | 58 |
| 4.2 | Property Values of Dry Air at 1 Atm | 60 |
| 4.3 | Tabel Temperature Hasil Eksperimen | 64 |
| 4.4 | Tabel Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 1 pada kondisi 1 | 64 |
| 4.5 | Tabel Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 1 pada kondisi 2 | 65 |
| 4.6 | Tabel Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 1 pada kondisi 3 | 65 |
| 4.7 | Tabel Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 2 pada kondisi 1 | 65 |
| 4.8 | Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 2 pada kondisi 2 | 66 |
| 4.9 | Temperature hasil Simulasi Spray Dryer 2 pada kondisi 3 | 66 |
| 4.10 | Perbandingan koefisien perpindahan panas antara Simulasi Spray Dryer 1 Kondisi 1, 2, dan 3 | 76 |
| 4.11 | Perbandingan koefisien perpindahan panas antara Simulasi Spray Dryer 2 Kondisi 1, 2, dan 3 | 76 |

*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul Lampiran | Halaman |
|-------|--|---------|
| 1 | Foto <i>Spray Dryer</i> | 86 |
| 2 | Desain 3D <i>Spray Dryer</i> 1 (<i>Existing</i>) | 87 |
| 3 | Desain 3D <i>Spray Dryer</i> 2 (Modifikasi pada VG) | 88 |
| 4 | 2D Modelling <i>Spray Dryer</i> 1 (<i>Existing</i>) | 89 |
| 5 | 2D Modelling <i>Spray Dryer</i> 2 (Modifikasi pada VG) | 90 |
| 6 | Tabel <i>Property of Air</i> at 1 Atm | 91 |
| 7 | Data <i>Velocity Air</i> pembacaan sensor | 92 |
| 8 | CFD Report ANSYS Fluent temperature inlet 80 °C | 93 |
| 9 | CFD Report ANSYS Fluent temperature inlet 90 °C | 97 |
| 10 | CFD Report ANSYS Fluent temperature inlet 100 °C | 101 |



*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu cara yang digunakan untuk peningkatan kualitas produk adalah dengan cara proses pengeringan. Hasil dari proses pengeringan berupa granular (gumpalan), dan powder. Salah satu cara yang digunakan dalam proses pengeringan adalah menggunakan *Spray Dryer*. Alat ini banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman, salah satunya adalah susu[1]. *Spray Dryer* sudah digunakan dalam skala besar pada industri pangan di dunia. Dengan menggunakan zat maltodekstrin sebagai media tambahan untuk pengikat dan pembentuk pada *spray drying*. Dengan cara ini, produk yang dihasilkan tidak merubah sifat dari zat yang dilarutkan bersama maltodekstrin[2].

Umumnya, yang disebut susu adalah susu sapi, yang berasal dari jenis sapi perah FH (*Friesian Holstein*), yang berwarna putih bercorak hitam, atau hitam bercorak putih. Secara alami susu adalah suatu emulsi lemak dalam air. Serta, ukuran partikel susu murni setelah proses pemanasan hingga temperature 50-60 °C untuk menonaktifkan enzim lipase sebesar 5µm. Kadar air susu sangat tinggi yaitu rata-rata 87.5 %, dan di dalamnya teremulsi berbagai zat gizi penting seperti protein, lemak, gula, vitamin dan mineral[3]. Tingginya kadar air susu sapi disebabkan karena air merupakan medium pendispersi lemak dan komponen terlarut dalam susu. Faktor lain yang berpengaruh terhadap kandungan air dan komposisi kimia susu adalah kualitas dan kuantitas ransum yang diberikan[4].

Spray Dryer mempunyai prinsip kerja dengan menyemprotkan cairan melalui atomiser. Cairan yang sudah diatomisasi berbentuk butiran halus kemudian dilewatkan pada aliran udara panas dalam sebuah sistem atau alat yang tertutup sehingga air dalam butiran menguap dengan sangat cepat meninggalkan kadar solid yang ada pada butiran menjadi bentuk serbuk yang homogen, kadar air sangat rendah, dan kualitas gizi sangat terjaga. Hasil produk *Spray Dryer* tergantung dengan kekentalan larutan atau bahan, jenis bahan, temperature pengeringan, dan kecepatan aliran udara. Keuntungan menggunakan metode *spray drying* adalah produk yang dihasilkan lebih awet, ringan, dan ukurannya yang kecil, waktu produ-

ksi singkat, dan menghasilkan produk yang bermutu tinggi. *Spray drying* juga menghasilkan produk kering yang terminimalisir dari kerusakan perubahan-warna, aroma dan rasa. Hal itu terjadi karena proses pengeringan (*spray drying*) relatif sangat singkat sehingga terhindar dari ke gosongan. Sehingga teknologi ini sangat tepat digunakan untuk membuat produk serbuk yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan mudah rusak bila temperatur terlalu tinggi atau terkena kondisi panas dalam waktu lama[1].

Dibalik tingginya penggunaan yang luas dari pengering semprot, masih banyak beberapa hal yang akan dikembangkan, dari setiap proses simulasi dan penelitian berdasarkan temuan masalah yang terjadi. Salah satu masalah besar yang dihadapi oleh perancang dan operator *Spray Dryer* adalah kompleksitas proses pencampuran semprot / udara di ruang *Spray Dryer* di mana pola aliran udara yang ada di dalam pengering semprot dianggap sebagai salah satu faktor utama yang mempengaruhi output partikel *Spray Dryer* seperti kadar air, distribusi ukuran, dan kerapatan curah [5]. Masalah lain dalam pengoperasian pengering adalah stabilitas aliran, yaitu kebutuhan untuk menghindari aliran yang sangat tidak stabil. Arus seperti itu dapat menyebabkan pengendapan dinding yang signifikan dari produk yang sebagian dikeringkan yang menempel ke dinding, yang mengakibatkan penumpukan kerak [6]. Aliran udara memiliki efek pada lintasan tetesan, distribusi waktu tinggal tetesan dan pengendapan tetesan di dinding [7]. Selain itu, didalam beberapa penelitian menyebutkan bahwa laju aliran udara pada *Spray Dryer* berbanding lurus dengan besarnya panas pengeringan[8]. Beberapa hasil penelitian juga menyebutkan bahwa laju aliran fluida meningkat setelah dibelokan[9]. Aliran turbulen pada *Spray Dryer* juga diharapkan terjadi didalam silo. Hal ini dikarenakan beberapa hal seperti laju aliran udara akan berbanding lurus dengan besarnya panas pengeringan, aliran turbulen akan menghasilkan vortex yang berguna untuk meningkatkan proses perpindahan panas[10].