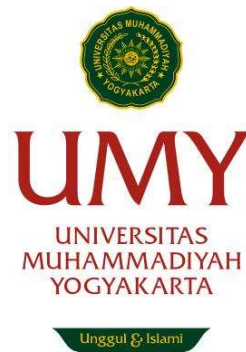


SKRIPSI
**SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)* GRADIEN
TEKANAN ALIRAN DUA-FASE UDARA-SODIUM KLORIDA DAN
GLUKOSA PADA PIPA KAPILER HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

Rama Putrantyo Anwar

20160130021

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2020

HALAMAN PERNYATAAN

Bismillahirrahmanirrahim,

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rama Putrantyo Anwar
NIM : 20160130021
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Gradien Tekanan Aliran Dua-Fase Udara- Sodium Klorida 0,9% dan Glukosa pada Pipa Kapiler Horizontal

dengan ini menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya sendiri. Sepanjang penulisan laporan dan dengan pengetahuan serta kesadaran saya, tidak ada bagian di dalam laporan ini merupakan plagiat dari karya orang lain. Segala jenis pengutipan menggunakan kaidah yang berlaku dalam ketentuan pengutipan karya tulis ilmiah.

Atas pernyataan ini, saya dengan sepenuh hati menerima segala bentuk resiko atau sanksi yang dijatuhkan apabila adanya pelanggaran norma penulisan karya tulis ilmiah terkait keaslian penulisan. Demikian pernyataan ini dibuat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Yogyakarta, 26 Oktober 2020



Yang menyatakan,

Rama Putrantyo Anwar
NIM. 20160130021

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penelitian dengan judul “Simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Gradien Tekanan Aliran Dua-Fase Udara- Sodium Klorida 0,9% dan Glukosa pada Pipa Kapiler Horizontal” dapat diselesaikan. *CFD* merupakan suatu metode penelitian numerik yang memanfaatkan teknologi komputer untuk menyelesaikan komputasi terkait persoalan mekanika fluida. Belum banyak penelitian menggunakan *CFD* menggunakan campuran glukosa pada fluida cair.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah. Skripsi ini bertujuan memberikan data hasil penelitian secara komprehensif terkait bidang yang diteliti dan sebagai komponen data rangkaian penelitian selanjutnya.

Skripsi ini dapat disusun dan diselesaikan karena adanya arahan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, banyak terima kasih diucapkan kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM, selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas bimbingan perihal konsep dan teknis penulisan semenjak awal hingga terselesaikannya laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir atas segala bimbingan dan bantuan terkait teknis penelitian.
4. Bapak Azhim, selaku dosen yang membantu keseluruhan tentang penggunaan seluruh *software* terkait penelitian ini sehingga dapat terselesaikan.
5. Bapak Dr. Wahyudi, S.T., M.T, selaku dosen penguji.
6. Bapak Ibu Dosen dan Staf lainnya serta seluruh civitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada dilingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Semoga seluruh amal baik dari pihak-pihak yang disebutkan mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan berlipat ganda dan segala kekhilafan baik yang disengaja maupun tidak disengaja mendapatkan ampunan sebesar-besarnya dari Allah SWT.

Perlu disadari bahwa dengan segala keterbatasan, Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun diharapkan demi sempurnanya laporan ini ke depan serta sebagai bahan pembelajaran yang sebaik-baiknya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang berproses, berkepentingan, dan berkenan untuk membacanya.

Yogyakarta, Maret 2020

Penulis,
Rama Putrantyo Anwar

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Tiada daya dan upaya kecuali karena Allah SWT. Bersama dengan segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis berterima kasih kepada Allah SWT atas terselesaikannya skripsi ini. Semoga skripsi ini memberi manfaat bagi seluruhnya dan segala pihak yang terlibat di dalamnya; manfaat dunia dan akhirat.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penulis, walaupun mungkin tidak terlibat langsung pada penulisan maupun penyelesaiannya. Oleh karena itu, banyak terima kasih diucapkan kepada:

1. Ibu Yulianti Sumara, ibu penulis yang senantiasa memberi dukungan moril dan materil kepada penulis serta selalu memberikan segala do'a yang terbaik untuk anak-anaknya.
2. Bapak Anwar Rizza, ayah penulis yang senantiasa memberi saran-saran dan pelajaran hidup berharga bagi penulis.
3. Saudara Nugra Putrantyo Anwar dan Bima Putrantyo Anwar, kakak-kakak penulis yang telah memberikan banyak pengalaman dan pelajaran hidup serta binaan mental bagi penulis. Kritik dan saran mereka sangat bermanfaat bagi penulis dalam menghadapi segala lika-liku perkuliahan, termasuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kalila dan Hafi, kedua keponakan penulis, sebagai pelipur lara bagi penulis selama mengerjakan skripsi dan melaksanakan perkuliahan.
5. Fara Indria Hanifa, sahabat terdekat penulis yang selalu ada dalam suka dan duka penulis serta senantiasa menemani dalam proses pendewasaan hidup.
6. Cahya Tresna Pradana dan Revi Dwi Saputra, sahabat semasa perkuliahan yang mengetahui seluruh seluk-beluk penulis. Suatu kehormatan bagi penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini bersama mereka ditemani ragam gelak tawa.
7. Bapak Azhim Asyratul Azmi, dosen yang banyak membantu penulis dari awal hingga akhir penulisan skripsi. Dosen yang senantiasa mendampingi penulis dan selalu sabar dalam mengajarkan *software* serta memberi pemahaman akan pentingnya *hardware* sebagai 'senjata' untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Bapak Berli Paripurna Kamiel, dosen yang pada masa penulisan skripsi ini menjabat sebagai ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin UMY. Ketika penulis aktif

berorganisasi, beliau senantiasa memberikan banyak masukan, kritik, dan saran yang membangun; baik secara personal maupun kolektif yang memberi dampak positif secara keberlanjutan. Beliau merupakan salah satu panutan penulis ketika menghadapi tantangan selama perkuliahan dalam bersikap dan menyelesaikan masalah.

9. Seluruh teman penulis semasa berkuliah di S-1 Teknik Mesin UMY yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Banyaknya aktivitas penulis baik di dalam maupun di luar kampus selama berkuliah memberikan kesempatan bagi penulis untuk bertemu dengan banyak persona yang memiliki keunikan masing-masing. Penulis selalu mengambil minimal satu pelajaran dari persona tersebut, sehingga memberikan penulis banyak bekal pengalaman dan pelajaran yang bermanfaat.

Jikalau waktu dan daya memungkinkan serta adanya kesempatan, semoga penulis dapat membalas segala kebaikan dari pihak-pihak yang disebutkan. Semoga segala kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan kepada penulis dari pihak-pihak di atas mendapatkan balasan kebaikan berlipat ganda, petunjuk, serta hidayah dari Allah SWT. Segala yang terbaik; Aamiin, ya Rabbal 'aalamiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI.....	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Landasan Teori.....	13
2.2.1. Definisi Fluida	13
2.2.2. Aliran Fluida.....	13
2.2.3. Gradien Tekanan.....	14
2.2.4. Komputasi Dinamika Fluida.....	17
2.2.5. Proses Komputasi Dinamika Fluida	17
2.2.5.1. Pre Processing	17
2.2.5.2. <i>Processing</i>	18
2.2.5.3. <i>Post Processing</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Alat dan Bahan	22

3.1.1.	Alat.....	22
3.1.2.	Bahan	23
3.2.	Diagram Alir Penelitian	24
3.3.	Langkah Penelitian.....	25
3.3.1.	<i>Pre Processing</i>	25
3.3.2.	<i>Processing</i>	27
3.3.3.	<i>Post Processing</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1.	Karakteristik Simulasi.....	36
4.2.	Kontur Pola Aliran dan Penurunan Tekanan pada Simulasi 2D	36
4.2.1.	Pola Aliran	38
4.2.2.	Penurunan Tekanan.....	38
4.2.2.1.	<i>Static Pressure</i>	39
4.2.2.2.	<i>Total Pressure</i>	39
4.3.	Gradien Tekanan pada Simulasi 2D.....	40
4.4.	Hasil Simulasi 3D.....	41
4.4.1.	Kontur Pola Aliran.....	42
4.4.2.	Kontur Tekanan	42
4.4.3.	Gradien Tekanan.....	43
BAB V PENUTUP		45
5.1.	Kesimpulan.....	45
5.2.	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....		47
LAMPIRAN		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik hasil gradien tekanan kalkulasi dengan eksperimental terhadap korelasi (a) Fredel dkk., (b) Tran dkk., (c) Chen dkk., dan (d) Mueller-Steinhagen & Heck (Cavallini et al., 2005).....	5
Gambar 2.2	Kontur kecepatan fase cair pada pencampuran gas kondisi tertutup (Wu, 2010).....	6
Gambar 2.3	Kontur kecepatan fase cair pada pencampuran gas kondisi terbuka (Wu, 2010).....	6
Gambar 2.4	Perbandingan data eksperimental penurunan tekanan CO ₂ menggunakan modifikasi korelasi pada aliran kabut dengan persamaan. Garis putus-putus menandakan kualitas uap pada saat permulaan kering dan permulaan daerah aliran kabut (Wu et al., 2011).....	7
Gambar 2.5	Grafik gradien tekanan <i>annular</i> terhadap laju aliran pada kecepatan rotasi <i>drillstring</i> yang berbeda (Anifowoshe & Osisanya, 2012).....	8
Gambar 2.6	Grafik eksperimental gradien tekanan aliran dua-fase terhadap kualitas uap pada aliran adiabatik temperatur 40°C dengan variasi laju massa G (Del Col et al., 2014).....	8
Gambar 2.7	Perbandingan hasil prediksi model turbulen dengan data eksperimen (Tian et al., 2016).....	9
Gambar 2.8	Pengaruh fluks massa dan kualitas uap terhadap gradient tekanan gesekan pada (a) saluran mini halus dan (b) saluran mini beralur (Rahman et al., 2017).....	10
Gambar 2.9	Gambar 2.8 Pengaruh fluks massa dan kualitas uap terhadap gradient tekanan gesekan pada (a) saluran mini halus dan (b) saluran mini beralur (Rahman et al., 2017).....	10
Gambar 2.10	Pengaruh perubahan kecepatan superfisial gas (J_G) dan kecepatan superfisial air (J_L) terhadap gradien tekanan (Sudarja et al., 2019).....	11
Gambar 2.11	Gradien Tekanan Eksperimental dan Simulasi pada Kecepatan Superfisial Cairan (a) 0,3 m/s dan (b) 0,6 m/s (Kiran et al., 2020).....	12
Gambar 2.12	Bentuk <i>mesh</i> untuk geometri fluida 2 dimensi; (a) <i>Triangular</i> dan (b) <i>Quadrilateral</i> (ANSYS Theory Guide 2017 hal. 719).....	18

Gambar 2.13	Bentuk <i>mesh</i> untuk geometri fluida 3 dimensi; (a) <i>Tetrahedron</i> , (b) <i>Hexahedron</i> , (c) <i>Wedge</i> , dan (d) <i>Pyramid</i> (<i>ANSYS Theory Guide</i> 2017 hal. 719).....	18
Gambar 3.1	Geometri fluida kerja (a) 2 dimensi dan (b) 3 dimensi.....	23
Gambar 3.2	Dimensi fluida kerja yang digunakan; (a) tampak atas, (b) tampak samping, (c) tampak depan, dan (d) tampak belakang.....	23
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.4	Bentuk <i>mesh</i> pada (a) geometri fluida 2D dan (b) geometri fluida 3D	26
Gambar 3.5	<i>Skewness equiangle</i> pada (a) <i>mesh</i> geometri 2D dan (b) <i>mesh</i> geometri 3D... ..	26
Gambar 3.6	<i>General setup</i>	28
Gambar 3.6	<i>Setup multiphase models</i>	29
Gambar 3.7	Tegangan permukaan	30
Gambar 3.8	<i>Material properties</i>	30
Gambar 3.9	<i>Boundary conditions</i>	31
Gambar 3.10	<i>Solution methods</i>	32
Gambar 3.11	<i>Report file</i>	32
Gambar 3.12	<i>Solution initialization</i>	33
Gambar 3.13	<i>Run calculation</i>	34
Gambar 3.14	Contoh viewer <i>ImageJ</i>	35
Gambar 3.15	Contoh data tekanan yang didapatkan pada simulasi	35
Gambar 4.1	Fraksi volume cairan pada simulasi.....	38
Gambar 4.2	Kontur pola aliran hasil simulasi dengan variasi J_G pada $J_L = 0,207$ m/s	38
Gambar 4.3	Kontur tekanan statis hasil simulasi dengan variasi J_G pada $J_L = 0,207$ m/s	40
Gambar 4.4	Kontur tekanan total hasil simulasi dengan variasi J_G pada $J_L = 0,207$ m/s.	41
Gambar 4.5	Pengaruh variasi J_G pada gradien tekanan dengan $J_L = 0,207$ m/s	42
Gambar 4.6	Kontur pola aliran pada (a) simulasi 2D dan (b) simulasi 3D beserta (c) pandangan isometrik pola aliran pada simulasi 3D	43
Gambar 4.7	Kontur tekanan total pada (a) simulasi 2D dan (b) simulasi 3D.....	44
Gambar 4.8	Kontur tekanan total pada bagian (a) awal dan (b) akhir seksi uji.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai C pada Persamaan Martinelli.....	16
Tabel 3.1	Tabel <i>Hardware</i>	22
Tabel 3.2	Tabel <i>Software</i>	22
Tabel 4.1	Variasi Kecepatan Superfisial.....	37
Tabel 4.2	<i>Setup</i> dan <i>Solutions</i> pada Simulasi	37
Tabel 4.3	Tabel Data Tekanan Total Hasil Simulasi	42
Tabel 4.4	Gradien Tekanan Simulasi 2D dan 3D	45

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

J_G	: Kecepatan superfisial gas (m/s)
J_L	: Kecepatan superfisial cairan (m/s)
Q_G	: Debit aliran gas dalam pipa (m^3/s)
Q_L	: Debit aliran cairan dalam pipa (m^3/s)
A	: Luas penampang pipa (m^2)
ϵ	: Fraksi hampa
γ	: Tegangan permukaan (N/m)
d	: Panjang permukaan (m)
F	: Gaya (N)
H_g	: <i>Holdup</i> atau fraksi gas
H_L	: <i>Holdup</i> atau fraksi cairan
g_c	: Faktor konversi massa menjadi gaya ataupun sebaliknya = 1 (kgm/Ns^2)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Data <i>Surface Tension</i> LPPT UGM	50
Lampiran 2	Tabel Data <i>Kinematic Viscosity</i> dan <i>Specific Gravity</i> TMBGB UGM.....	50
Lampiran 3	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial.....	50
Lampiran 4	Distribusi dan Rata-Rata Tekanan Dinamis 2D Variasi $J_G = 0,083$ m/s	51
Lampiran 5	Distribusi dan Rata-Rata Tekanan Dinamis 2D Variasi $J_G = 0,829$ m/s	52
Lampiran 6	Distribusi dan Rata-Rata Tekanan Dinamis 2D Variasi $J_G = 3,316$ m/s	53
Lampiran 7	Distribusi dan Rata-Rata Tekanan Dinamis 2D Variasi $J_G = 8,289$ m/s	54
Lampiran 11	Distribusi dan Rata-Rata Tekanan Dinamis 3D Variasi $J_G = 0,083$ m/s	55