



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**SIMULASI NUMERIK MODEL *POOL BOILING* PADA *MINI BOILER*
MENGUNAKAN ANSYS FLUENT**

LAPORAN PROYEK AKHIR

FADHILLAH RAKA PRATAMA

40040221650026

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2025**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**SIMULASI NUMERIK MODEL *POOL BOILING* PADA *MINI BOILER*
MENGUNAKAN ANSYS FLUENT**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

FADHILLAH RAKA PRATAMA

40040221650026

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
AGUSTUS 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

NAMA : FADHILLAH RAKA PRATAMA

NIM : 40040221650026

Tanda Tangan : 

Tanggal : 7 Agustus 2025

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 427/PA/RPM/I/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Fadhillah Raka Pratama
NIM : 40040221650026
Judul Proyek Akhir : Simulasi Perpindahan Panas *Mini Boiler* Menggunakan
Ansys Fluent
Dosen Pembimbing : Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP : 197609152003122001

Isi Tugas:

1. Membuat gambar boiler dan komponennya 2D dan 3D
2. Menghitung efisiensi boiler (ada instrumen yang harus dipasang), menguji kinerja boiler.
3. Simulasi boiler kondisi eksisting dengan ansys fluent
4. Modifikasi dan Simulasi boiler agar efisiensinya meningkat, dengan ansys fluent.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 29 November 2024
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

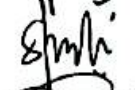
HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Fadhillah Raka Pratama
NIM : 40040221650026
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Simulasi Numerik Model *Pool Boiling* pada *Mini Boiler*
Menggunakan Ansys Fluent

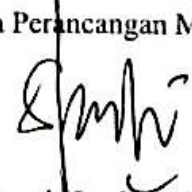
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.	()
Penguji 1	: Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.	()
Penguji 2	: Didik Ari Wibowo, S.T., M.T.	()
Penguji 3	: Prof. Dr. Muchammad, S.T., M.T.	()

Semarang, 7 Agustus 2025

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadhillah Raka Pratama
NIM : 40040221650026
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Simulasi Numerik Model *Pool Boiling* pada *Mini Boiler* Menggunakan Ansys Fluent”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan proyek akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 7 Agustus 2025

Yang menyatakan



Fadhillah Raka Pratama

MOTTO

This wordly life is no more than play and amusement, but far better is the [eternal] Home of the Hereafter for those mindful [of Allah]. Will you not then understand?

(QS. Al-An'am: 32)

And because of that we have to be beneficial for others, As the Qur'an stated below:

O you who have believed, spend from the good things which you have earned and from that which We have produced for you from the earth. And do not aim toward bad things to spend from them, while you would not take them except with closed eyes. And know that Allah is Free of need and Praiseworthy.

(QS. Al-Baqarah: 267)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini dengan Judul “Simulasi Numerik Model *Pool Boiling* pada *Mini Boiler* Menggunakan Ansys Fluent”

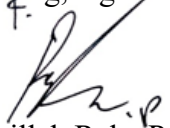
Penulisan Laporan Proyek Akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancang Mekanik Universitas Diponegoro sekaligus Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
3. Bapak Ir. Murni, M.T., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
4. Bapak Didik Ari Wibowo, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Proyek Akhir.
5. Bapak Prof. Dr. Muchammad, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Proyek Akhir.
6. Seluruh staf dan dosen Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
7. Kedua orang tua dan adik saya yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan.
8. Teman tim Proyek Akhir *Boiler Laundry*, Alfi Gymnastiar Pratama dan Auliya Rizky Ramadhanti.

9. Teman-teman Generator angkatan 2021 Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik yang selalu memberikan semangat dan banyak membantu.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu penulis memohon maaf kepada pembaca apabila masih menemukan kesalahan dalam laporan ini.

Semarang, Agustus 2025



Fadhillah Raka Pratama

ABSTRAK

SIMULASI NUMERIK MODEL *POOL BOILING* PADA *MINI BOILER* MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT

Penelitian ini mengoptimalkan *boiler* yang ditujukan untuk kebutuhan *laundry* dengan mengatasi stagnasi fluida melalui simulasi numerik dan validasi eksperimental. Metode yang digunakan adalah simulasi desain baru ini menggunakan ANSYS Fluent dengan model *Volume of Fluid* (VoF) dan *k-ε realizable*, yang kemudian divalidasi dengan data eksperimen. Kebaruan penelitian ini terletak pada modifikasi geometri internal boiler dengan menambah jumlah pipa air dari 7 menjadi 11 dan memberikan variasi sudut kemiringan dari 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5° untuk melihat peningkatan sirkulasi alami. Hasilnya sangat signifikan dari variasi sudut kemiringan 5°: modifikasi ini mencapai peningkatan *heat flux* sebesar 128%, menaikkan efisiensi termal dari 13,2% menjadi 18%, dan memangkas waktu pemanasan dari 18 menjadi 10 menit. Desain multi-pipa dengan sudut kemiringan 5° terbukti menjadi solusi yang sangat efektif untuk meningkatkan kinerja boiler melalui perpindahan panas yang lebih baik.

Kata Kunci: *Pool Boiling*, CFD, ANSYS Fluent, Perpindahan Panas, *Boiler*.

ABSTRACT

NUMERICAL SIMULATION POOL BOILING MODEL ON MINI BOILER USING ANSYS FLUENT

This study optimizes a boiler for laundry needs by addressing fluid stagnation through numerical simulation and experimental validation. The method involved simulating this new design using ANSYS Fluent with Volume of Fluid (VoF) and $k-\epsilon$ realizable models, then validating it against experimental data. The novelty lies in modifying the boiler's internal geometry by increasing the water pipes from 7 to 11 and introducing variation inclination angle from 0° , 1° , 2° , 3° , 4° , 5° to enhance natural circulation. The results were significant for the 5° variation inclination angle: the modification achieved a 128% increase in heat flux, boosted thermal efficiency from 13,2% to 18%, and reduced heating time from 18 to 10 minutes. The 5° variation inclination angle, multi-pipe design proved to be a highly effective solution for improving boiler performance by enhancing heat transfer.

Keywords: Pool Boiling, CFD, ANSYS Fluent, Heat Transfer, Boiler.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Proyek Akhir.....	4
1.5 Luaran	4
1.6 Sistematika Laporan.....	5
1.6.1 PENDAHULUAN	5
1.6.2 TINJAUAN PUSTAKA	5
1.6.3 METODOLOGI	5
1.6.4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	5

1.6.5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....		6
2.1	Pengertian dan Prinsip Kerja <i>Boiler</i>	6
2.2	Klasifikasi <i>Boiler</i>	7
2.3	Perpindahan Panas pada <i>Boiler</i>	9
2.4	Efisiensi Termal	10
2.5	Karakteristik Fluida.....	11
2.5.1	Massa Jenis	11
2.5.2	Viskositas	11
2.5.3	Evaporasi dan <i>Boiling</i>	12
2.5.2	<i>Surface Tension</i>	12
2.5.3	Kondisi <i>No-Slip</i>	12
2.6	Aliran Fluida	13
2.6.1	Aliran Laminar dan Turbulen.....	14
2.6.2	Aliran Steady dan Unsteady.....	15
2.6.3	Aliran Compressible dan Incompressible	15
2.6.4	Aliran Viscous dan Inviscid.....	15
2.7	Simulasi CFD.....	15
2.7.1	<i>Pool Boiling</i>	17
2.7.2	Persamaan Governing (<i>Governing Equation</i>).....	17
2.7.3	Skema Diskritisasi.....	20
2.7.4	Pemodelan Aliran Turbulen	22
2.7.5	Pemodelan <i>Multiphase</i> : Metode <i>Volume of Fluid</i>	24
BAB III METODOLOGI.....		26
3.1	Diagram Alir	26
3.1.1	Studi Literatur	29

3.1.2	Validasi dan Uji <i>Grid</i>	30
3.1.3	Simulasi Numerik.....	31
3.1.4	Analisis Data	31
3.1.5	Penarikan Kesimpulan	32
3.2	Deskripsi Masalah.....	32
3.3	Validasi dari Eksperimental	33
3.3.1	Validasi Geometri	33
3.3.2	Volume dan Massa Air	35
3.3.3	<i>Temperature</i>	37
3.4	Tahapan Simulasi	39
3.4.1	Pre-processing.....	40
3.4.2	Tahap Processing	63
3.4.3	Tahap Post-Processing	65
3.5	<i>Convergence Grid Index (CGI)</i>	65
3.5.1	Validasi Jurnal.....	65
3.5.2	Validasi Eksperimen pada Kondisi Eksisting (7 pipa air dan sudut kemiringan pipa air 0°).....	66
3.5.3	Validasi Modifikasi (11 pipa air dan sudut kemiringan pipa air 5°) .	67
3.6	Validasi Hasil.....	68
3.6.1	Validasi Jurnal.....	68
3.6.2	Validasi Eksperimen pada Kondisi Eksisting (7 pipa air dan sudut kemiringan pipa air 0°).....	69
3.7	Proses Manufaktur	70
3.8	Uji Fungsi.....	70
3.9	Analisis dan Pembahasan.....	70
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		72

4.1	Parameter <i>input</i> pada <i>Boiler Laundry</i>	72
4.1.1	<i>Temperature</i> Pipa Air <i>Boiler Laundry</i>	72
4.1.2	Properti Air dari <i>Boiler Laundry</i>	72
4.2	Penampilan Data Hasil Simulasi.....	75
4.3	Analisis Hasil Simulasi Kondisi Eksisting.....	76
4.3.1	<i>Heat Flux</i>	78
4.3.2	<i>Heat Transfer Coefficient</i>	79
4.3.3	Distribusi Kecepatan Fluida.....	81
4.3.4	<i>Vapor Volume Fraction</i>	82
4.4	Pembuatan Geometri Modifikasi <i>Boiler Laundry</i>	84
4.5	Analisis Hasil Simulasi Kondisi Modifikasi.....	84
4.5.1	<i>Heat Flux</i>	86
4.5.2	<i>Heat Transfer Coefficient</i>	87
4.5.3	Distribusi Kecepatan Fluida.....	88
4.4.5	<i>Vapor Volume Fraction</i>	90
4.6	Perbandingan Hasil Kondisi Eksisting dan Modifikasi	92
4.6.1	<i>Heat Flux</i>	92
4.6.2	<i>Heat Transfer Coefficient</i>	93
4.6.3	Distribusi Kecepatan Fluida.....	94
4.6.4	<i>Vapor Volume Fraction</i>	96
4.7	Perbandingan Kinerja Kondisi Eksisting dan Modifikasi.....	98
4.7.1	Data Uji Kondisi Eksisting (7 pipa air dan sudut kemiringan 0°)	98
4.7.2	Data Uji Kondisi Modifikasi (11 pipa air dan sudut kemiringan 5°)	
	101	
4.8	Tekno Ekonomi pada <i>boiler laundry</i> kondisi modifikasi	104
BAB V PENUTUP.....		106

5.1	Kesimpulan	106
5.2	Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN.....		114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja <i>boiler</i>	7
Gambar 2.2 <i>Boiler</i> pipa api.....	8
Gambar 2.3 <i>Boiler</i> pipa air.	8
Gambar 2.4 <i>Combi Boiler</i>	9
Gambar 2.5 Perpindahan panas pada <i>boiler</i>	10
Gambar 2.6 Distribusi kecepatan dari viskositas fluida di antara dua plat paralel Sumber : (Kumar, 2023b).	11
Gambar 2.7 Kondisi <i>no-slip</i> pada plat datar.	13
Gambar 2.8 Efek tegangan geser terhadap deformasi pada fasa solid dan fluid.	14
Gambar 2.9 Visualisasi aliran (a) laminar, (b) transisi, dan (c) turbulen.	14
Gambar 2.10 Aliran (a) <i>inviscid</i> dan (b) <i>viscous</i>	15
Gambar 2.11 <i>Volume Control Fixed in Space</i>	18
Gambar 2.12 Konservasi massa dalam <i>infinitesimal control volume</i> dari aliran fluida di antara dua plat paralel statis.....	18
Gambar 2.13 Volume-of-fluid (VOF) modelling dari permukaan fluid–fluid: (a) permukaan asli/nyata, (b) volume fraction yang dikalkulasi dengan model VOF (c) rekonstruksi linier dari permukaan.....	24
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	26
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian lanjutan (1).....	27
Gambar 3.3 Diagram alir penelitian lanjutan (2).....	28
Gambar 3.4 Diagram alir penelitian lanjutan (3).....	29
Gambar 3.5 Titik pengukuran <i>temperature</i> pada <i>boiler</i> dengan <i>thermoimager</i> ..	39
Gambar 3.6 Geometri <i>boiler laundry</i> kondisi eksisting dengan 7 pipa air.....	41
Gambar 3.7 Geometri <i>boiler laundry</i> kondisi modifikasi dengan 11 pipa air dan variasi derajat kemiringan pipa air.	42
Gambar 3.8 Penamaan domain komputasi.	43
Gambar 3.9 Tampilan <i>mesh</i> yang digunakan.	44
Gambar 3.10 Rentang kualitas <i>mesh</i> (<i>ANSYS Fluent Theory Guide</i> . 2020th edn, 2020).	44
Gambar 3.11 Grafik <i>skewness mesh</i>	45
Gambar 3.12 Grafik <i>orthogonal quality mesh</i>	46

Gambar 3.13 <i>General setting</i> simulasi.	47
Gambar 3.14 Pengaktifan <i>energy</i> pada simulasi.	47
Gambar 3.15 Penentuan <i>viscous model</i>	48
Gambar 3.16 <i>Property</i> untuk material air (cair).	49
Gambar 3.17 <i>Property</i> untuk material air (gas).	50
Gambar 3.18 <i>Property</i> untuk material udara.	50
Gambar 3.19 <i>Property</i> untuk material <i>steel</i> ST37.	51
Gambar 3.20 <i>Property</i> untuk material ASTM A53.	51
Gambar 3.21 Pembuatan <i>region</i> untuk material udara.	52
Gambar 3.22 Pemilihan model <i>multiphase</i> dan formulasi volume fraksi.	53
Gambar 3.23 Pendefinisian fasa per material.	53
Gambar 3.24 Pemodelan <i>surface tension</i> antar material.	53
Gambar 3.25 Pemilihan mekanisme perpindahan panas antar material.	54
Gambar 3.26 Pemodelan mekanisme model evaporasi/kondensasi	54
Gambar 3.27 <i>Boundary condition</i> untuk <i>firepipe</i> (wall)	55
Gambar 3.28 <i>Boundary condition</i> untuk <i>water pipe</i> (wall).	55
Gambar 3.29 <i>Boundary condition</i> untuk <i>walls</i> (wall).	56
Gambar 3.30 Pengaturan <i>operating condition</i> sistem.	57
Gambar 3.31 <i>Solution Methods</i> simulasi.	58
Gambar 3.32 URF simulasi.	59
Gambar 3.33 <i>Report control</i> simulasi.	60
Gambar 3.34 <i>Execute commands</i> simulasi pada $P_{abs} = 2$ bar.	60
Gambar 3.35 <i>Solution initialization</i> simulasi.	61
Gambar 3.36 <i>Patching</i> pada fase air (gas).	62
Gambar 3.37 <i>Patching</i> pada fase udara.	62
Gambar 3.38 <i>Patching</i> pada fase udara.	62
Gambar 3.39 <i>Run calculation</i> simulasi.	63
Gambar 3.40 Residual simulasi hingga mencapai $P_{gauge} = 1$ bar.	64
Gambar 3.41 Grafik <i>report control</i> sudah mencapai $P_{gauge} = 1$ bar.	64
Gambar 3.42 <i>Convergence grid index</i> validasi jurnal.	66
Gambar 3.43 <i>Convergence grid index</i> validasi kondisi eksperimen (7 pipa air dan sudut kemiringan pipa air 0°).	67

Gambar 3.44 <i>Convergence grid index</i> validasi kondisi modifikasi (11 pipa air dan kemiringan pipa air 5°).....	68
Gambar 3.45 Hasil validasi jurnal.	69
Gambar 3.46 Hasil validasi eksperimen dengan hasil simulasi.....	70
Gambar 4.1 Grafik massa jenis air (cair) terhadap <i>temperature</i>	73
Gambar 4.2 Grafik kalor jenis air (cair) terhadap <i>temperature</i>	74
Gambar 4.3 Grafik viskositas air (cair) terhadap <i>temperature</i>	74
Gambar 4.4 Grafik konduktivitas termal air (cair) terhadap <i>temperature</i>	75
Gambar 4.5 Titik pengambilan hasil simulasi untuk data grafik distribusi kecepatan fluida.	77
Gambar 4.6 Titik pengambilan <i>surface</i> hasil simulasi untuk data <i>heat flux</i> dan <i>heat transfer coefficient</i>	78
Gambar 4.7 Grafik kecepatan fluida kondisi eksisting.....	81
Gambar 4.8 Kontur distribusi kecepatan fluida kondisi eksisting.....	82
Gambar 4.9 Kontur vapor volume fraction kondisi eksisting.	83
Gambar 4.10 Titik pengambilan hasil simulasi untuk data grafik distribusi kecepatan fluida.	85
Gambar 4.11 Titik pengambilan <i>surface</i> hasil simulasi untuk data <i>heat flux</i> dan <i>heat transfer coefficient</i>	86
Gambar 4.12 Nilai <i>heat flux</i> terhadap variasi sudut kemiringan pipa air.	86
Gambar 4.13 Nilai <i>heat transfer coefficient</i> terhadap variasi sudut kemiringan pipa air.	87
Gambar 4.14 Nilai kecepatan fluida terhadap variasi sudut kemiringan pipa air.	88
Gambar 4.15 Kontur kecepatan fluida terhadap variasi sudut kemiringan pipa air.	90
Gambar 4.16 Kontur <i>vapor volume fraction</i> terhadap variasi sudut kemiringan pipa air.	91
Gambar 4.17 Perbandingan grafik kecepatan fluida kondisi eksisting dan modifikasi.....	95
Gambar 4.18 Perbandingan kontur kecepatan fluida kondisi (a) eksisting (7 pipa air dan sudut kemiringan 0°) dan (b) modifikasi (11 pipa air dan sudut kemiringan 5°).....	96

Gambar 4.19 Perbandingan kontur *vapor volume fraction* kondisi (a) eksisting (7 pipa air dan sudut kemiringan 0°) dan (b) modifikasi (11 pipa air dan sudut kemiringan 5°) terhadap waktu. 97

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensi geometri boiler kondisi eksisting.....	40
Tabel 3.2 Dimensi geometri boiler kondisi modifikasi.	41
Tabel 3.3 Nilai <i>skewness mesh</i> geometri <i>boiler laundry</i>	45
Tabel 3.4 Nilai <i>orthogonal quality mesh</i> geometri <i>boiler laundry</i>	45
Tabel 4.1 <i>Heat flux</i> kondisi eksisting.	78
Tabel 4.2 <i>Heat transfer coefficient</i> kondisi eksisting.....	80
Tabel 4.3 Perbandingan <i>heat flux</i> kondisi eksisting dan modifikasi.	92
Tabel 4.4 Perbandingan <i>Heat Transfer Coefficient</i> kondisi eksisting dan modifikasi.....	93
Tabel 4.5 Data uji percobaan 1 kondisi eksisting.....	98
Tabel 4.6 Data uji percobaan 2 kondisi eksisting.....	99
Tabel 4.7 Data uji percobaan 3 kondisi eksisting.....	99
Tabel 4.8 Data uji percobaan 1 kondisi modifikasi.....	101
Tabel 4.9 Data uji percobaan 2 kondisi modifikasi.....	101
Tabel 4.10 Data uji percobaan 3 kondisi modifikasi.....	102
Tabel 4.11 Perbandingan performa <i>boiler laundry</i> antara kondisi eksisting dan modifikasi.....	103
Tabel 4.12 Rincian biaya pembuatan <i>boiler laundry</i> kondisi modifikasi.	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar teknik geometri <i>boiler laundry</i> kondisi eksisting dengan jumlah 7 pipa air dan sudut kemiringan 0°	115
Lampiran 2. Gambar teknik geometri boiler laundry kondisi modifikasi dengan jumlah 11 pipa air dan sudut kemiringan 5°	116
Lampiran 3. Prototipe <i>boiler laundry</i> kondisi eksisting dengan jumlah 7 pipa air dan sudut kemiringan 0°	117
Lampiran 4. Prototipe <i>boiler laundry</i> kondisi modifikasi dengan jumlah 11 pipa air dan sudut kemiringan 5°	118
Lampiran 5. Dokumentasi pengujian	119
Lampiran 6. Data <i>mesh convergence grid index</i>	120
Lampiran 7. Data validasi hasil.....	121
Lampiran 8. Data <i>heat flux</i> dan <i>heat transfer coefficient</i> terhadap variasi sudut kemiringan pipa air	122
Lampiran 9. Data distribusi kecepatan fluida.....	123

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama Kali Muncul Halaman
ρ	Densitas atau Massa Jenis (ρ)	11
m	Massa (<i>mass</i>)	11
v	Kecepatan (<i>velocity</i>)	11
μ	Viskositas	11
τ	Torsi (τ)	11
u	Kecepatan fluida	11
p	Tekanan (<i>pressure</i>)	12
T	Suhu (temperature)	12
σ	<i>Surface tension</i>	12
N	Newton	12
m	Meter	12
Re	Bilangan Reynold (<i>Reynold number</i>)	14
D	Diameter	14
t	Waktu (<i>time</i>)	18
F	Gaya (<i>force</i>)	19
Q	Laju kalor	19
W	Laju kerja	20
E	Energi	20
h	Ketinggian	20
T	Suhu (temperature)	20