

**ANALISIS ALIRAN UAP PADA *NOZZLE TIP SAMPLING PROBE* DI PLTP  
(GEOHERMAL) DARAJAT MENGGUNAKAN SIMULASI  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)***



**BAYU YOGA PRAWIRA**  
NIM: 41315120010

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2017**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS ALIRAN UAP PADA *NOZZLE TIP SAMPLING PROBE* DI PLTP  
(GEOHERMAL) DARAJAT MENGGUNAKAN SIMULASI  
*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)*



Disusun Oleh:

Nama : Bayu Yoga Prawira  
NIM : 41315120010  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)

JULI 2017

**LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Bayu Yoga Prawira

N.I.M : 41315120010

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisis Aliran Uap pada *Nozzle Tip Sampling Probe* di PLTP (Geothermal) Darajat Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 26 Juli 2017



Bayu Yoga Prawira

**LEMBAR PENGESAHAN**

Analisis Aliran Uap Pada *Nozzle Tip Sampling Probe* di PLTP (Geothermal) Darajat  
Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD)



Disusun Oleh:

Nama : Bayu Yoga Prawira  
NIM : 41315120010  
Program Studi : Teknik Mesin

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

(Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA)

Koordinator Tugas Akhir

(Haris Wahyudi, ST, M.Sc)

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala keberkahan, nikmat, karunia dan rezeki-Nya sehingga pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat dituntaskan dengan baik.

Laporan ini penulis susun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir pada program Sarjana Strata Satu (S1) di Universitas Mercu Buana. Selama penyusunan Tugas Akhir ini, baik saat persiapan maupun pelaksanaannya, penulis banyak mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat dan doa serta dukungan kepada penulis agar putranya mendapatkan pendidikan yang berkualitas.
2. Istriku Riska Dian Prawesti dan putriku Ishana Simfony Hassya yang sejak dari awal perkuliahan hingga penyusunan laporan ini selalu memberikan motivasi, kesabaran dan percaya bahwa masa studi penulis akan berakhir dengan baik.
3. Bapak Danto Sukmajadi, ST, M.Sc, Ph.D sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA sebagai Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dan mendorong penulis untuk berpikir kritis dan analitis serta memecahkan masalah secara optimal.
5. Bapak Sagir Alva, S.Si, M.Sc, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Haris Wahyudi, ST, M.Sc sebagai Koordinator Tugas Akhir sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu kami para mahasiswa mengenai gambaran, panduan hingga informasi yang bermanfaat terkait penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Mas Wisnu Bayu Sakti, ST, selaku CFD Analyst Professional dan mentor yang sabar dalam memberikan review terkait penggunaan aplikasi *SolidWorks Flow Simulation*.

8. Seluruh dosen pengajar dan Staf Tata Usaha Pak Nandi, Pak Charlie serta semua karyawan/karyawati program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik yang sangat membantu dan kemudahannya dalam berkomunikasi dengan penulis pada proses kegiatan belajar di Universitas Mercu Buana.
9. Mentor, sahabat dan rekan tim *Asset Developmet Departement Earth Science Geochemistry* ex-Chevron Geothermal Indonesia dan Star Energy Geothermal Darajat II, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Darajat, Garut yang telah membantu penulis dalam bekerja secara profesional.
10. Semua rekan-rekan mahasiswa/mahasiswi program studi Teknik Mesin yang di setiap tatap muka di kelas maupun forum di *e-learning* saling memberikan dukungan dan bertukar informasi baik dari sisi akademis maupun diskusi mengenai pekerjaan.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas dengan kebaikan yang melimpah kepada kita semua dan dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf atas segala kekhilafan yang pernah dilakukan dari awal masuk perkuliahan hingga berakhirnya masa studi di Universitas Mercu Buana ini.

Penulis sangat menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, maka dari itu penulis sangat mengharapkan saran, masukan dan kritik yang bersifat konstruktif agar penulis dapat melakukan perbaikan di kemudian hari. Semoga Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Aliran Uap pada *Nozzle Tip Sampling Probe* di PLTP (Geothermal) Darajat Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*” dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan para pembaca pada umumnya.

Jakarta, 26 Juli 2017

Hormat penulis,

Bayu Yoga Prawira

## DAFTAR ISI

		<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>		i
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>		ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>		iii
<b>PENGHARGAAN</b>		iv
<b>ABSTRAK</b>		vi
<b>DAFTAR ISI</b>		vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>		x
<b>DAFTAR TABEL</b>		xiv
<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	4
1.3	Tujuan Penelitian	4
1.4	Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5	Sistematika Penulisan	5
<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1	Pendahuluan	6
2.2	Potensi Sistem Panas Bumi	6
2.3	Uraian Singkat Sistem Panas Bumi	8
2.4	Tantangan dalam Pemanfaatan Energi Panas Bumi	9
2.5	Sampling Probe sebagai Media Pengukuran Kualitas Fluida	10
2.6	Pentingnya Menggunakan Simulasi Perangkat Lunak CFD	17

2.7	Kajian Ilmiah Mengenai Karakteristik Aliran Fluida	19
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Pendahuluan	24
3.2	Tahapan dalam Penelitian Simulasi CFD	26
3.2.1	Identifikasi masalah	26
3.2.2	Persiapan	26
3.2.3	Pengumpulan data	30
3.2.4	Pembuatan geometri	38
3.2.5	Simulasi CFD	39
3.2.6	Penyusunan laporan akhir	46
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL YANG DICAPAI DAN POTENSI KHUSUS</b>	
4.1	Pendahuluan	47
4.2	Simulasi CFD Jalur Pipa Sederhana	48
4.3	Simulasi CFD Jalur Pipa yang Berbelok 90° ( <i>elbow</i> )	51
4.4	Simulasi CFD Jalur Pipa dengan Hambatan ( <i>block/solid tube</i> )	53
4.5	Simulasi CFD Jalur Pipa yang Dipasang <i>Nozzle Sampling Probe</i>	55
4.6	Perhitungan Kecepatan Fluida yang Mengalir pada Pipa Produksi	58
4.6.1	Perhitungan luas penampang pipa yang dilewati fluida	58
4.6.2	Perhitungan laju aliran volume	58
4.6.3	Hubungan laju aliran volume dengan kecepatan	59
4.7	Perhitungan Laju Aliran Massa Fluida pada <i>Sampling Probe</i>	59
4.7.1	Formula perhitungan <i>sampling nozzle</i>	60
4.7.2	Perhitungan luas lubang <i>nozzle bore</i>	60
4.7.3	Perhitungan laju aliran massa fluida <i>sampling probe</i>	60
4.7.4	Perhitungan laju aliran volume pada <i>sampling probe</i>	61
4.7.5	Perhitungan luas keseluruhan pada masing-masing port	61
4.7.6	Perbandingan nilai kecepatan pada <i>nozzle tip sampling</i>	62
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63



<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	64	
<b>LAMPIRAN</b>		
A	Tabel Perbandingan Pengukuran Menggunakan Sampling Probe	67
B	Tabel Hasil Pengukuran Superheat pada Sumur DRJ-16OH	68
C	Contoh Konfigurasi Sampling Probe	69

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
1.1	Peta distribusi lokasi dan wilayah kerja pertambangan panas bumi	1
1.2	<i>Sampling probe</i> yang telah diinstal pada <i>sampling port</i>	3
2.1	Penampang panas bumi	8
2.2	Proses pemanfaatan energi panas bumi secara umum	10
2.3	Contoh efek pengukuran menggunakan <i>non-isokinetic nozzle</i>	11
2.4	Pemasangan <i>single port nozzle</i> pada pipa vertikal	12
2.5	<i>Steam sampling nozzle</i> untuk tipe <i>multi-port</i>	12
2.6	Salah satu contoh bentuk <i>sampling probe</i>	13
2.7	Contoh kombinasi <i>sampling probe</i> untuk mendapatkan sampel <i>liquid</i>	13
2.8	Packing gland (sealant)	14
2.9	Union dan pipe nipple	14
2.10	Stainless steel tubing	15
2.11	Valve (katup) dan fitting	15
2.12	Hasil tes numerik jalur pipa belok 90° (elbow)	18
2.13	Kontur kecepatan aliran fluida air pada pipa <i>stainless steel</i>	19
2.14	Mekanisme aliran internal	20
2.15	Profil kecepatan aliran fluida uap terhadap jarak probe	20
2.16	Aliran <i>particle trajectories</i> di sekeliling obyek silinder	21
2.17	Profil aliran uap <i>stagnation effect</i>	21

2.18	Grafik hubungan temperatur dan tekanan terhadap jarak	22
2.19	Perbandingan kondisi temperatur di bagian tengah <i>tube</i> kondensor	23
3.1	Diagram alir penelitian simulasi CFD untuk <i>nozzle tip</i>	25
3.2	Sampling port	27
3.3	Macam bentuk sampling ports di lapangan Darajat	28
3.4	Jarak lubang pada <i>nozzle tip</i>	28
3.5	Proses pembuatan lubang pada ujung tube untuk 1/8" dan 1/4"	28
3.6	Proses pengelasan untuk <i>safety stop welded</i>	28
3.7	Hasil finalisasi proses pembuatan <i>nozzle tip multi-port</i>	29
3.8	Konstruksi sampling probe untuk pengukuran superheat	29
3.9	Berbagai jenis <i>dry block calibrator</i>	30
3.10	Penampang dan ukuran pipa produksi	31
3.11	Posisi alat ukur tekanan dan temperatur pada sampling probe	33
3.12	Konfigurasi sampling probe untuk pengukuran superheat	33
3.13	Posisi sampling probe setelah dipasang dalam saluran pipa	34
3.14	Proses pembuangan uap setelah sampling probe terpasang	35
3.15	Proses pembacaan alat ukur tekanan	35
3.16	Proses pembacaan alat ukur temperatur	36
3.17	Jarak minimum diameter pipa yang dibutuhkan	38
3.18	Model 3D <i>nozzle tip sampling probe</i>	39
3.19	Tampilan menu flow simulation	40

3.20	Tampilan nama proyek simulasi	40
3.21	Tampilan jendela untuk pengaturan sistem satuan	41
3.22	Tampilan jendela untuk memilih tipe analisa aliran fluida	41
3.23	Tampilan jendela untuk memilih tipe fluida (uap)	42
3.24	Tampilan jendela mengatur jenis dinding	42
3.25	Tampilan jendela mengatur kondisi awal	43
3.26	Tampilan jendela mengatur resolusi geometri dan hasil	43
3.27	Tampilan jendela menu menentukan kondisi batas	44
3.28	Tampilan jendela menu <i>engineering goals</i>	44
3.29	Tampilan jendela <i>running solution</i>	45
3.30	Tampilan jendela untuk menu <i>cut plots</i>	46
4.1	Model 3D pipa produksi	48
4.2	Kontur distribusi tekanan untuk simulasi pipa produksi	48
4.3	Kontur distribusi temperatur untuk simulasi pipa produksi	49
4.4	Lapisan batas ( <i>boundary layer</i> ) termal pada pipa	49
4.5	Kontur distribusi kecepatan aliran untuk simulasi pipa produksi	50
4.6	Arah aliran fluida berdasarkan parameter kecepatan	50
4.7	Mekanisme aliran internal	50
4.8	Kontur kecepatan aliran fluida air pada pipa <i>stainless steel</i>	50
4.9	Model 3D pipa produksi berbelok 90 <sup>o</sup> (elbow)	51
4.10	Kontur tekanan untuk simulasi pipa produksi belok 90 <sup>o</sup> (elbow)	51

4.11	Kontur temperatur untuk simulasi pipa produksi belok $90^{\circ}$ ( <i>elbow</i> )	52
4.12	Hasil tes numerik jalur pipa belok $90^{\circ}$ ( <i>elbow</i> )	52
4.13	Kontur kecepatan aliran fluida untuk simulasi pada pipa ( <i>elbow</i> )	52
4.14	Model 3D pipa produksi yang dihalangi <i>block/solid tube</i>	53
4.15	Kontur tekanan untuk simulasi pipa dengan <i>block tube</i>	53
4.16	Kontur temperatur untuk simulasi pipa dengan <i>block tube</i>	54
4.17	Kontur kecepatan untuk simulasi pipa dengan <i>block tube</i>	54
4.18	Arah aliran kecepatan untuk simulasi pipa dengan <i>block tube</i>	54
4.19	Aliran <i>particle trajectories</i> di sekeliling obyek silinder	55
4.20	Model 3D nozzle tip 0,125 in yang terpasang pada pipa	55
4.21	Model 3D nozzle tip 0,25 in yang terpasang pada pipa	56
4.22	Simulasi kontur tekanan nozzle tip 0,125 in (kiri) dan 0,25 in (kanan)	56
4.23	Simulasi kontur temperatur nozzle tip 0,125 in (kiri) dan 0,25 in (kanan)	57
4.24	Simulasi kontur kecepatan nozzle tip 0,125 in (kiri) dan 0,25 in (kanan)	57

## DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
2.1	Sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia	7
2.2	Contoh formula perhitungan sampling nozzle	16
3.1	Nilai faktor koreksi atas kalibrasi alat ukur tekanan	29
3.2	Berbagai ukuran diameter dan tebal dari tubing	32
3.3	<i>Steam Table</i> untuk mendapatkan parameter temperatur saturasi	37
4.1	Contoh formula perhitungan sampling nozzle	60