

**ANALISIS TERBENTUKNYA KONDENSAT PADA UAP *EXHAUST* TURBIN  
DI PIPA *ELBOW* 90° MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK  
*VOLUME OF FLUID* (VOF)**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS TERBENTUKNYA KONDENSAT PADA UAP *EXHAUST* TURBIN DI  
PIPA *ELBOW* 90° MENGGUNAKAN SIMULASI NUMERIK  
*VOLUME OF FLUID (VOF)*



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

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi Ini diajukan oleh:

Nama : Dede Febriyansah

NIM : 41320110002

Pogram Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis terbentuknya kondensat pada uap *exhaust* turbin di pipa *elbow* 90° menggunakan simulasi numerik *Volume of Fluid* (VOF)

Telah berhasil dipertahan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng

NIDN : 0314109101

Ketua Penguji : Dr.Eng., Imam Hidayat, ST,MT

NIDN : 005087502

Penguji 1 : Fajar Anggara, ST, M.Eng

NIDN : 0320089101

Penguji 2 : I Gusti Ayu Arwati, Dra, MT, Ph.D

NIDN : 00101146408

Jakarta, 24 Januari 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi Teknik Mesin



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, S.TP, MT)

NIDN : 0307037202



(Dr.Eng., Imam Hidayat, ST,MT)

005087502

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dede Febriyansah

NIM : 41320110002

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisis terbentuknya kondensat pada uap *exhaust* turbin di pipa elbow 90° menggunakan simulasi numerik *Volume of Fluid* (VOF)

Denagn ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan 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 Bauan.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Januari 2025



Dede Febriyansah

## PENGHARGAAN

Puji syukur kepada Allah subhanahu Wa Ta'ala berkat limpah rahmat dan karunianya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyusun serta menyelesaikan Tugas Akhir. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Pada proses pelaksanaan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak kekurangan sehingga membutuhkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa dalam menyusun laporan Tugas Akhir
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. sebagai dekan fakultas teknik.
3. Bapak Dr.Eng., Imam Hidayat, ST,MT selaku ketua Kaprodi Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng selaku dosen Pembimbing Penelitian.
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST. M.T sebagai Koordinator Tugas Akhir.
6. Teman-teman teknik mesin yang telah memberi dukungan dan semangat dalam menyusun laporan tugas akhir

Penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Maka dari itu, penulis mengaharpan kritik serta saran yang bersifat membangun agar laporan ini nantinya dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta 23 Januari 2025

Dede Febriyansah

## ABSTRAK

Terbentuknya kondensat pada uap *exhaust* turbin di pipa *elbow* 90° dapat menyebabkan *water hammer*, penurunan efisiensi dan potensi kerusakan pada sistem. Fenomena ini perlu dianalisis untuk memahami mekanisme dan mencari solusi yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aliran dua fase, yaitu gas dan cairan serta mengamati proses terbentuknya kondensat pada uap *exhaust* turbin di pipa *elbow* 90° menggunakan simulasi numerik *Volume of Fluid* (VOF). Dengan menggunakan simulasi numerik VOF, perubahan fase dari uap ke cairan dapat disimulasikan menggunakan satu persamaan kontinuitas dengan memanfaatkan definisi fraksi volume. Selain itu, VOF juga mampu menunjukkan batas antar fase pada rekonstruksi geometrinya. Langkah-langkah yang akan dilakukan mencakup: 1) pemodelan domain komputasi pipa *elbow* 90° dan melakukan meshing untuk mendapatkan grid yang sesuai, 2) menentukan kondisi batas seperti laju aliran uap dan temperatur, 3) penerapan simulasi numerik VOF untuk melakukan analisis, dan 4) pemrosesan hasil simulasi untuk mengevaluasi terbentuknya kondensat dan pola aliran. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses kondensasi pada uap *exhaust* di pipa *elbow* 90° dengan menggunakan model Lee untuk mengatur perubahan fase, dengan kondisi batas meliputi kecepatan uap *exhaust* sebesar 2 m/s pada *inlet*, tekanan uap *exhaust* sebesar 94000 Pa pada *outlet*, serta suhu konstan sebesar 283.15 K pada dinding guna menginisiasi kondensasi.

**Kata kunci** : Kondensat, Uap *Exhaust*, Pipa *Elbow* 90°, Simulasi Numerik *Volume of Fluid* (VOF), Model Lee



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**ANALYSIS OF CONDENSATE FORMATION IN TURBINE EXHAUST STEAM  
IN A 90° ELBOW PIPE USING VOLUME OF FLUID (VOF) NUMERICAL  
SIMULATION**

**ABSTRACT**

*The formation of condensate in turbine exhaust steam within a 90° elbow pipe can cause water hammer, efficiency reduction, and potential damage to the system. This phenomenon needs to be analyzed to understand the mechanisms and find effective solutions. This study aims to analyze the two-phase flow, gas and liquid, and observe the condensate formation process in the turbine exhaust steam within a 90° elbow pipe using numerical simulation of the Volume of Fluid (VOF) method. Using the VOF numerical simulation, the phase change from vapor to liquid can be simulated using a single continuity equation by utilizing the definition of volume fraction. Additionally, VOF can also show the phase interface through its geometric reconstruction. The steps to be carried out include: 1) modeling the computational domain of the 90° elbow pipe and performing meshing to obtain a suitable grid, 2) determining boundary conditions such as steam flow rate and temperature, 3) applying VOF numerical simulation for the analysis, and 4) processing the simulation results to evaluate condensate formation and flow patterns. Therefore, this research aims to analyze the condensation process in turbine exhaust steam within a 90° elbow pipe using the Lee model to regulate phase change, with boundary conditions including exhaust steam velocity of 2 m/s at the inlet, exhaust steam pressure of 940000 Pa at the outlet, and a constant wall temperature of 283.15 K to initiate condensation.*

**Keywords:** *Condensate, Exhaust Steam, 90° Elbow Pipe, Volume of Fluid (VOF) Numerical Simulation, Lee mode*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUS MASALAH	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 MANFAAT	3
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATAS MASALAH	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2 TURBIN UAP	8
2.3 DEFINISI UAP	8
2.3.1 Uap Jenuh	9
2.3.2 Uap Super Panas	10
2.4 PERPINDAHAN PANAS KONDUKSI	11



2.5	PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI	11
2.6	PERPINDAHAN PANAS RADIASI	12
2.7	FENOMENA KONDENSASI	12
	2.7.1 Terbentuknya Kondensat Dalam Pipa	13
	2.7.2 Tebal Lapisan Kondensat	13
2.8	GAYA KOHESI	14
2.9	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS</i> (CFD)	15
2.10	SIMULASI NUMERIK <i>VOLUME OF FLUID</i> (VOF)	15
	2.10.1 Kelebihan dan Kekurangan <i>Volume of Fluid</i> (VOF)	15
	2.10.2 Persamaan Pengantar <i>Volume of Fluid</i> (VOF)	16
	2.10.3 Kondisi Batas	18
2.11	PERSAMAAN MATEMATIS KONDENSASI	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>20</b>
3.1	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.2	ALAT DAN BAHAN	26
	3.2.1 Alat	26
	3.2.2 Bahan	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>29</b>
4.1	PERHITUNGAN KONDENSAT	29
4.2	HASIL SIMULASI	30
	4.2.1 Kontur Fraksi Volume Vapor	30
	4.2.2 Kontur Temperatur	36
4.3	PEMBAHASAN SIMULASI	42
	4.3.1 Pengaruh Geometri Pipa	42

4.3.2 Model Lee dalam Simulasi Kondensasi	43
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>44</b>
5.1 KESIMPULAN	44
5.2 SARAN	44
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>45</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Perubahan Fasa	10
Gambar 2. 2 Perpindahan Panas Konduksi	11
Gambar 2. 3 Perpindahan Panas Konveksi	12
Gambar 2. 4 Terbentuknya Kondensat dalam Pipa	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Simulasi	21
Gambar 3. 3 Mesh	22
Gambar 3. 4 Pengaturan Mesh	22
Gambar 3. 5 Skewness	23
Gambar 3. 6 Rekomendasi Skewness	23
Gambar 3. 7 Pengaturan General dan Model	24
Gambar 3. 8 Solution Methods	24
Gambar 3. 9 Solution Controls	25
Gambar 3. 10 Kondisi Batas Zone Inlet	25
Gambar 3. 11 Time Step	26
Gambar 3. 12 Domain Pipa Elbow 90°	27
Gambar 4. 1 <i>Vapor</i> $t= 2.5$ s	30
Gambar 4. 2 <i>Vapor</i> $t= 5$ s	31
Gambar 4. 3 <i>Vapor</i> $t= 7.5$ s	32
Gambar 4. 4 <i>Vapor</i> $t=15$ s	32
Gambar 4. 5 <i>Vapor</i> $t= 17.5$ s	33
Gambar 4. 6 <i>Vapor</i> $t= 20$ s	33
Gambar 4. 7 <i>Vapor</i> $t= 25$ s	34
Gambar 4. 8 <i>Vapor</i> $t= 30$ s	34
Gambar 4. 9 <i>Vapor</i> $t= 100$ s	35
Gambar 4. 10 <i>Vapor</i> $t= 130$ s	35
Gambar 4. 11 Temperatur $t= 2.5$ s	36
Gambar 4. 12 Temperatur $t= 5$ s	37
Gambar 4. 13 Temperatur $t= 7.5$ s	37
Gambar 4. 14 Temperatur $t= 10$ s	38
Gambar 4. 15 Temperatur $t= 15$ s	38

Gambar 4. 16 Temperatur $t= 17$ s	39
Gambar 4. 17 Temperatur $t= 20$ s	39
Gambar 4. 18 Temperatur $t= 25$ s	40
Gambar 4. 19 Temperatur $t= 30$ s	40
Gambar 4. 20 Temperatur $t= 100$ s	41
Gambar 4. 21 Temperatur $t= 130$ s	41



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3. 1 Dimensi Geometri	27
Tabel 3. 2 Pipa Karbon	27
Tabel 3. 3 Model Multiphase	28

