

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK KARAKTERISTIK
ALIRAN FLUIDA PADA PIPA *ELBOW* 90°
DENGAN VARIASI PENAMBAHAN
*GUIDE VANES***



Oleh :

Hilza Arrun Geralfine
NPM. 21036010002

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN
JAWA TIMUR
2025**

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK KARAKTERISTIK
ALIRAN FLUIDA PADA PIPA *ELBOW* 90°
DENGAN VARIASI PENAMBAHAN
*GUIDE VANES***



Oleh :
Hilza Arrun Geralfine
NPM. 21036010002

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN
JAWA TIMUR
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
PROPOSAL SKRIPSI**

**STUDI NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA PIPA
ELBOW 90° DENGAN VARIASI PENAMBAHAN *GUIDE VANES***

Disusun Oleh :

Hilza Arrun Geralfine

NPM. 21036010002

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Proposal Skripsi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains Universitas

Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Pada Hari Selasa, 22 Juli 2025

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing



Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT
NPT. 19910114 202506 2 005



Ahmad Khairul Faidzin, S.T., M.Sc
NIP. 19930120 202406 1 001

Dosen Penguji II

Koordinator Program Studi Teknik
Mesin



Tria Puspa Sari, S.T., M.S
NIP. 19940311 202506 2 005



Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Hilza Arrun Geralfine

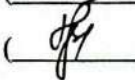
NPM : 21036010002

Program Studi : ~~Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /~~
~~Teknik Lingkungan / Teknik Sipil / Teknik Mesin~~

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN) / SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode IV, TA . 2024/2025.

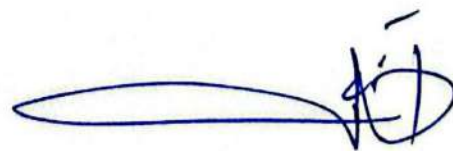
Dengan judul : STUDI NUMERIK KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA PIPA
ELBOW 90° DENGAN VARIASI PENAMBAHAN GUIDE VANES

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT ()
2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S. ()

Surabaya, 5 Juni 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ahmad Khairul Faizin, S. T., M.Sc.
NIP. 19930120 202406 1 001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hilza Arrun Geralfine
NPM : 21036010002
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas akhir : Studi Numerik Karakteristik Aliran Fluida Pada Pipa Elbow
90° Dengan Variasi Penambahan Guide Vanes.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Hasil karya saya ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan mencantumkan dalam daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 22 Juli 2025

Yang menyatakan,




Hilza Arrun Geralfine

NPM. 21036010002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan. Untuk itu, dengan tulus, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi. Terima kasih atas bimbingan, bantuan, dan nasihat yang tak ternilai selama proses pengerjaan hingga selesainya skripsi ini.
4. Ibu Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT. selaku dosen penguji I skripsi. Terima kasih telah memberikan arahan, dan meluangkan waktu serta tenaga dalam membimbing penulis.
5. Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S. selaku dosen penguji skripsi II. Terima kasih telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis serta memberikan arahan.
6. Ayahanda Almh. Sri Wahyudi, yang telah berpulang sebelum penulis menyelesaikan studi ini. Terima kasih atas segala cinta dan doa yang selalu menguatkan penulis.
7. Ibunda Suprijati, Terima kasih atas segala usaha, pengorbanan, dan dukungan tanpa batas sejak kecil hingga penulis dapat menyelesaikan studi ini dengan lancar.

8. Kakek Almh. Kadis, yang telah berpulang sebelum penulis menyelesaikan studi ini. Terima kasih atas semua dukungan, kasih sayang, dan doa yang selalu mendukung penulis.
9. Keluarga besar Bapak Kadis yang sudah memberikan bantuan doa, semangat, dan dukungan selama penulis menulis skripsi.
10. Teman teman Teknik Mesin angkatan 2021, teman-teman seperjuangan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan proposal skripsi ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang yang terkait.

Surabaya, 23 Desember 2024

Hilza Arrun Geralfine

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PROPOSAL SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Aliran Dalam Pipa	8
2.2.1. Klasifikasi Aliran Fluida	9
2.2.2. Bilangan <i>Reynolds</i>	10
2.3. Karakteristik Aliran Dalam Pipa	10
2.3.1. Profil Kecepatan	10
2.3.2. <i>Head losses</i>	11
2.4. Persamaan Dasar Aliran Fluida	12
2.4.1. Hukum <i>Bernoulli</i>	12
2.4.2. Persamaan Kontinuitas	13
2.4.3. Persamaan <i>Navier-stokes</i>	13
2.4.4. Persamaan Diskretisasi	14
2.5. Fenomena Aliran Pada Pipa <i>Elbow</i>	15

2.5.1.	Separasi Aliran	15
2.5.2.	Aliran Sekunder (<i>Secondary flow</i>)	16
2.6.	<i>Guide vanes</i>	18
2.6.1.	<i>Entrance length</i>	18
2.7.	Simulasi Numerik	19
2.7.1.	<i>Grid independence test</i>	19
2.7.2.	<i>Computational fluid dynamics (CFD)</i>	20
2.8.	Hipotesis	21
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1.	Diagram Alir Penelitian	22
3.2.	Prosedur Penelitian	23
3.2.1.	<i>Pre-Processing</i>	23
3.2.2.	<i>Processing</i>	26
3.2.3.	<i>Post-Processing</i>	28
3.3.	Variabel Penelitian	28
3.3.1.	Variabel Bebas	28
3.3.2.	Variabel Terikat	28
3.3.3.	Variabel Kontrol	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1.	Validasi Model Numerik	30
4.1.1.	Studi Independensi <i>Grid</i> (<i>Grid Independence Test</i>)	30
4.1.2.	Validasi Distribusi Kecepatan Simulasi dan Teoritis	32
4.2.	Karakteristik Aliran pada Variasi Tanpa <i>Guide vane</i>	33
4.2.1.	Distribusi <i>Wall Pressure Coefficient</i> (C_p) Tanpa <i>Guide Vanes</i>	33
4.2.2.	Profil Kecepatan Tanpa <i>Guide vanes</i>	35
4.2.3.	Medan Aliran dan Struktur <i>Vorteks</i> Tanpa <i>Guide Vanes</i>	36
4.3.	Pengaruh <i>Guide Vanes</i> terhadap Distribusi Tekanan Dinding (C_p)	37
4.3.1.	Perbandingan pada Variasi 1 <i>Guide vanes</i>	38
4.3.2.	Perbandingan pada Variasi 2 <i>Guide vanes</i>	39
4.3.3.	Perbandingan pada Variasi 3 <i>Guide vanes</i>	40
4.4.	Pengaruh terhadap Gradien Tekanan Transversal (Kontur Aksial)	41

4.5.	Analisis Visual Medan Aliran Global (Kontur)	42
4.5.1.	Perbandingan Kontur Tekanan Statis	43
4.5.2.	Perbandingan Kontur Kecepatan	44
4.6.	Pengaruh <i>Guide vanes</i> terhadap Profil Kecepatan	46
4.6.1.	Evolusi Profil Kecepatan untuk Konfigurasi 3 <i>Guide vanes</i>	46
4.6.2.	Evolusi Profil Kecepatan untuk Konfigurasi 2 <i>Guide vanes</i>	49
4.6.3.	Evolusi Profil Kecepatan untuk Konfigurasi 1 <i>Guide vanes</i>	50
4.7.	Koefisien <i>Minor Losses</i> (K_L)	52
BAB 5	KESIMPULAN	56
5.1.	Kesimpulan	56
5.2.	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hasil <i>pressure drop</i> dari CFD	6
Gambar 2. 2 Kontur erosi pada <i>guide vanes</i>	7
Gambar 2. 3 Perbandingan koefisien kerugian CFD dan eksperimen.	8
Gambar 2. 4 Perbedaan Aliran Laminar (Kiri) dan Turbulen (Kanan)	9
Gambar 2. 5 Separasi aliran pada <i>curved pipe</i>	16
Gambar 2. 6 Aliran ideal pada lengkungan.....	17
Gambar 2. 7 Aliran sekunder	17
Gambar 2. 8 Pipa <i>Elbow</i> (a) tanpa <i>guide vanes</i> (b) dengan <i>guide vanes</i>	18
Gambar 2. 9 <i>Grid independence test</i> pada <i>velocity</i> aliran.....	19
Gambar 3. 1 Skema diagram alir penelitian.....	22
Gambar 3. 2 Geometri Penelitian.....	24
Gambar 3. 3 <i>Guide vanes</i> horizontal.....	24
Gambar 3. 4 <i>Guide vanes</i> vertikal.....	25
Gambar 3. 5 Hasil <i>meshing</i> pipa <i>elbow</i> 90°	25
Gambar 3. 6 <i>Detail mesh control</i>	26
Gambar 4. 1 Grafik hasil <i>grid independence test</i>	31
Gambar 4. 2 Profil kecepatan non-dimensi antara simulasi dan teori.....	32
Gambar 4. 3 Distribusi C_p di dinding sepanjang pipa tanpa <i>guide vane</i>	34
Gambar 4. 4 Profil kecepatan non-dimensi tanpa <i>guide vane</i>	35
Gambar 4. 5 Kontur distribusi kecepatan dan tekanan tanpa <i>guide vane</i>	36
Gambar 4. 6 Perbandingan C_p 1 GV vertikal - horizontal.	38
Gambar 4. 7 Perbandingan C_p 2 GV vertikal - horizontal.	39
Gambar 4. 8 Perbandingan C_p 3 GV vertikal - horizontal.	40
Gambar 4. 9 Perbandingan kontur tekanan di dalam siku.	41
Gambar 4. 10 Perbandingan kontur tekanan pada bidang simetri.	43
Gambar 4. 11 Perbandingan kontur kecepatan pada bidang simetri.....	45
Gambar 4. 12 Evolusi profil kecepatan 3 <i>guide vanes</i>	47
Gambar 4. 13 Evolusi profil kecepatan 2 <i>guide vanes</i>	49
Gambar 4. 14 Evolusi profil kecepatan 1 <i>guide vane</i>	51
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan koefisien <i>minor losses</i>	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi domain geometri	23
Tabel 3. 2 <i>Mesh control edge sizing number of division</i>	26
Tabel 3. 3 <i>Mesh control inflation</i>	26
Tabel 3. 4 <i>Mesh control sizing</i>	26
Tabel 3. 5 <i>Detail input setup</i>	27
Tabel 4. 1 Tabel hasil <i>grid independence test</i>	30
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Perhitungan Koefisien Kerugian (K_L)	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail geometri	60
Lampiran 2. Detail <i>Meshing</i>	61
Lampiran 3. <i>Grid independence test</i>	63
Lampiran 4. Data validasi teoritis	63
Lampiran 5. <i>Solution Report</i>	63
Lampiran 6. <i>Residuals Report</i>	64
Lampiran 7. Hasil simulasi kontur tekanan <i>axial</i>	64
Lampiran 8. Hasil simulasi kontur pressure semua variasi.....	65
Lampiran 9. Hasil simulasi kontur <i>velocity</i> semua variasi.....	66
Lampiran 10. Hasil simulasi <i>wall pressure coefficient</i>	67
Lampiran 11. Hasil simulasi distribusi kecepatan.....	68
Lampiran 12. Biodata Mahasiswa.....	69

DAFTAR NOTASI

V	= Kecepatan aliran fluida (m/s)
D	= Diameter dalam pipa (m)
ρ	= Massa jenis fluida (kg/m^3)
μ	= Viskositas dinamik fluida ($kg/m.s$)
$u(r)$	= Kecepatan aksial lokal pada jarak r dari pusat pipa
U_{max}	= Kecepatan maksimum di pusat pipa (pada $r = 0$)
R	= Radius pipa
n	= Eksponen pangkat yang nilainya bergantung Re
Δp_{mayor}	= Penurunan tekanan akibat gesekan (Pa)
f	= Faktor gesekan <i>Darcy</i> , koefisien non-dimensi
L	= Panjang pipa (m)
Δp_{minor}	= Penurunan tekanan akibat komponen (Pa)
K_L	= Koefisien kerugian minor (non-dimensi)
$P_{1,2}$	= Tekanan fluida di titik masuk (1) dan keluar (2) (Pa)
$v_{1,2}$	= Kecepatan fluida di titik masuk dan keluar (m/s)
$h_{1,2}$	= Ketinggian fluida di titik masuk dan keluar (m)
g	= Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)
Q	= Debit aliran (m^3/s)
A	= Luas penampang pipa (m^2)
$\vec{v}$	= Kecepatan fluida (<i>vector</i> , m/s)
∇P	= Gradien tekanan (Pa/m)
$\nabla^2 \vec{v}$	= <i>Laplacian</i> dari kecepatan
P	= Tekanan fluida (Pa)
$\vec{f}$	= Gaya eksternal per satuan volume

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis secara numerik pengaruh penambahan *guide vanes* pada aliran turbulen ($Re = 5,08 \times 10^5$) di dalam pipa *elbow* 90° untuk mengatasi masalah aliran. Simulasi *CFD* ini menguji variasi jumlah (1, 2, 3) dan orientasi (horizontal/vertikal) *guide vanes*. Kasus dasar tanpa *guide vane* menunjukkan separasi aliran parah (kecepatan $u/U_{avg} = 0,2$) akibat perbedaan *Coefficient of Pressure* (C_p) yang ekstrem (puncak +1,3 minimum -0,9). Variasi 3 *guide vanes* horizontal terbukti paling efektif dalam memperbaiki kualitas aliran, mampu mencegah separasi ($u/U_{avg} = 0,8$) dan menstabilkan C_p secara signifikan. Sebaliknya, orientasi vertikal terbukti tidak efektif. Namun, secara paradoks, evaluasi efisiensi energi menunjukkan kasus tanpa *guide vane* memiliki Koefisien Minor Losses (K_L) terendah (1,00). Semua variasi dengan *guide vane* justru meningkatkan kerugian energi total, dengan rentang K_L dari 1,09 hingga 2,14. Kesimpulan ini menegaskan bahwa meskipun *guide vanes* horizontal memperbaiki karakteristik aliran, hambatan (*drag*) fisiknya lebih besar dari manfaat aerodinamisnya, sehingga desain yang diuji tidak efisien secara energi.

Kata Kunci : Pipa *Elbow* 90° , *Guide Vanes*, *CFD*, Separasi Aliran, *Pressure Drop*.

ABSTRACT

This study numerically analyzes the effect of adding guide vanes on turbulent flow ($Re = 5.08 \times 10^5$) inside a 90° elbow pipe to address flow issues. This CFD simulation tests variations in the number (1, 2, 3) and orientation (horizontal/vertical) of guide vanes. The baseline case without guide vanes shows severe flow separation ($u/U_{avg} = 0,2$) due to extreme differences in the Coefficient of Pressure (C_p) (peak +1,3 minimum -0,9). The configuration with 3 horizontal guide vanes proved most effective in improving flow quality, preventing separation ($u/U_{avg} = 0,8$) and significantly stabilizing C_p . Conversely, the vertical orientation proved ineffective. However, paradoxically, the energy efficiency evaluation shows that the case without guide vanes has the lowest Minor Loss Coefficient (K_L) of 1,00. All configurations with guide vanes actually increase total energy losses, with K_L ranging from 1,09 to 2,14. This conclusion confirms that although horizontal guide vanes improve flow characteristics, their physical drag is greater than their aerodynamic benefits, making the tested design energy inefficient.

Keywords: 90° Elbow Pipe, Guide Vanes, CFD, Flow Separation, Pressure Drop.