

**ANALISIS PENGARUH VARIASI PERUBAHAN PENAMPANG
DAN BELOKAN PIPA TERHADAP *MINOR LOSSES*
PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN**

SKRIPSI



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan**

Oleh:

**Fachri Afzaal Mufid
NPM. 062240212034**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

**ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CROSS-SECTIONAL
VARIATIONS AND PIPE BENDS ON MINOR LOSSES
USING A FLUID FRICTION APPARATUS**

THESIS



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in Mechanical
Engineering Production and Maintenance Study Program**

Oleh:

**Fachri Afzaal Mufid
NPM. 062240212034**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

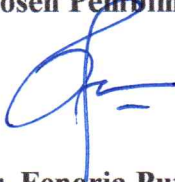
**ANALISIS PENGARUH VARIASI PERUBAHAN PENAMPANG
DAN BELOKAN PIPA TERHADAP MINOR LOSSES
PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN**



SKRIPSI

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Jurusan Teknik Mesin**

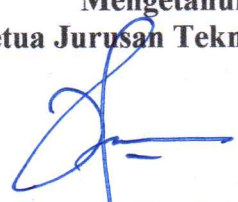
Dosen Pembimbing Utama,


Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

Palembang, 31 - 7 - 2026
Menyetujui,
Dosen Pembimbing Pendamping,


Ir. Zainuri Anwar, S.T., M.Eng., IPP.
NIP. 199108162022031004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

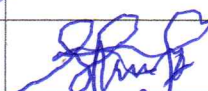
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi ini diajukan oleh:

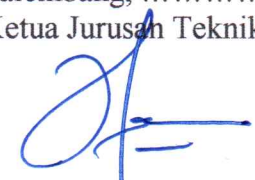
Nama : Fachri Afzaal Mufid
NPM : 062240212034
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN VARIASI PENAMPANG DAN BELOKAN PIPA TERHADAP MINOR LOSSES PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN**

Telah selesai dinilai dalam Ujian Skripsi Sarjana Terapan di hadapan Tim Dosen Penguji pada tanggal 26 Juni dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

TIM DOSEN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penilai	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T. NIP. 197202201998022001	Ketua		4/8-2026
2.	Ir. H. Rachmat Dwi Sampurno, S.T., M.T. NIP. 198902152019031015	Anggota		17/26-7
3.	Mulyadi S, S.T., M.T. NIP. 197107271995031001	Anggota		19/26-7
4.	Dr. Ir. Baiti Hidayati, S.T., M.T. NIP. 199207062022032011	Anggota		14/26-7
5.	Aldony Reco Putra, S.T., M.Tr.T. NIP. 199205302024211001	Anggota		4/26-7

Palembang, 31-7-2026
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T.
NIP. 197202201998022001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fachri Afzaal Mufid
NPM : 062240212034
Tempat / Tanggal Lahir : Palembang / 11 Mei 2005
Alamat : Griya Maharani Blok N No.19
No. Telepon : 089624576754
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN VARIASI PENAMPANG DAN BELOKAN PIPA TERHADAP *MINOR LOSSES* PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN

Menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dengan didampingi oleh Tim Pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila di kemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat di dalam Skripsi yang saya buat, saya bersedia menerima sanksi akademik dari Jurusan Teknik Mesin dan Politeknik Negeri Sriwijaya.

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



Palembang, 17 - 7 - 2026

Fachri Afzaal Mufid
NPM. 062240212034

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Fachri Afzaal Mufid
NPM : 062240212034
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / D – IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul : ANALISIS PENGARUH VARIASI PERUBAHAN PENAMPANG DAN BELOKAN PIPA TERHADAP MINOR LOSSES PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN

Memberi izin kepada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya dan Dosen Pembimbing dalam mempublikasi riset dari hasil Tugas Akhir/ Skripsi saya dengan tujuan kepentingan akademik jika dalam kurun waktu 6 (enam) bulan setelah Yudisium saya tidak juga mempublikasikan karya ilmiah saya (setidaknya menerima bukti *Letter of Acceptance* dari Jurnal yang dituju). Untuk kasus ini saya bersedia menempatkan Dosen Pembimbing untuk menjadi penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

Palembang, 18 Juli 2026



Fachri Afzaal Mufid
NPM. 062240212034

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Hai orang – orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar”

(Al-Baqarah: 153)

“Sekali terjun dalam perjalanan jangan pernah mundur sebelum meraihnya, yakin usaha sampai. Karena sukses itu harus melewati banyak proses, bukan hanya menginginkan hasil akhir dan tahu beres tapi harus selalu keep on progress. Meskipun kenyataannya banyak hambatan dan kamu pun sering dibuat stres percayalah tidak ada jalan lain untuk meraih sukses selain melewati yang namanya proses”. (Armeliani)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis dedikasikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda dan Ibunda, ketulusannya dari hati atas do’a yang tak pernah putus, semangat yang tak ternilai. serta untuk orang – orang terdekatku yang tersayang, dan untuk almamater biru muda kebanggaanku.

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH VARIASI PERUBAHAN PENAMPANG DAN BELOKAN PIPA TERHADAP MINOR LOSSES PADA SIMULATOR RUGI ALIRAN

Fachri Afzaal Mufid

(2026: xvi + 76 Halaman, 31 Gambar, 10 Tabel, 13 Lampiran)

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi perubahan penampang dan belokan pipa terhadap *minor losses* pada sistem perpipaan menggunakan Simulator Rugi Aliran. Evaluasi dilakukan melalui komparasi tiga metode: pengujian eksperimental, perhitungan teoritis analitik, dan simulasi numerik berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Komponen uji mencakup belokan 90°, belokan 45°, *Long Elbow* 90°, *Reducer* (pembesaran penampang), percabangan Y (*Y-Branch*), *Gate Valve*, dan *Ball Valve*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen katup menghasilkan *minor loss* tertinggi (di atas 0,140 m) akibat hambatan mekanis internal. Sebaliknya, *Long Elbow* dan *Reducer* menghasilkan kerugian energi terendah karena karakteristik aliran yang lebih stabil. Tingginya disipasi energi pada komponen sangat dipengaruhi oleh fenomena hidrolis seperti pemisahan aliran (*flow separation*) pada belokan tajam, pemulihan tekanan (*pressure recovery*) pada transisi penampang, dan pusaran resirkulasi area buntu (*dead-leg recirculation*) pada percabangan. Analisis komparatif membuktikan bahwa pengujian eksperimental memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik terhadap perhitungan teoritis, sehingga memvalidasi akurasi simulator yang digunakan. Simulasi CFD juga terbukti andal dalam memvisualisasikan profil aliran secara konsisten, meskipun terdapat deviasi nilai akibat batasan penyederhanaan model geometri 3D. Kesimpulannya, transisi geometri dan kekasaran internal komponen sangat krusial dalam menentukan besaran kerugian tinggi tekan pada instalasi perpipaan.

Kata Kunci: *Minor Losses*, Simulator Rugi Aliran, *Computational Fluid Dynamics*, Perubahan Penampang, Belokan Pipa.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CROSS-SECTIONAL VARIATIONS AND PIPE BENDS ON MINOR LOSSES USING A FLUID FRICTION APPARATUS

Fachri Afzaal Mufid

(2026: xvi + 76 pp., 31 Figures, 10 Tables, 13 Attachments)

This study aims to analyze the effect of cross-sectional variations and pipe bends on minor losses in a piping system using a Fluid Friction Apparatus. The evaluation was conducted by comparing three methods: experimental testing, theoretical analytical calculations, and numerical simulations based on Computational Fluid Dynamics (CFD). The tested components included 90° bends, 45° bends, 90° Smooth Elbows, Reducers (enlargement), Y-Branched, Gate Valves, and Ball Valves. The results showed that valve components generated the highest minor losses (exceeding 0.140 m) due to internal mechanical resistance. Conversely, Smooth Elbows and Reducers produced the lowest energy losses owing to more stable flow characteristics. The high energy dissipation in the components is strongly influenced by hydraulic phenomena such as flow separation in sharp bends, pressure recovery in cross-sectional transitions, and dead-leg recirculation in branches. Comparative analysis proved that the experimental testing has excellent agreement with theoretical calculations, validating the accuracy of the apparatus. CFD simulation also proved reliable in visualizing flow profiles consistently, despite having value deviations caused by the limitation of 3D geometry simplification. In conclusion, component geometric transitions and internal roughness are crucial in determining the magnitude of head loss in a piping installation.

Keywords : *Minor Losses, Fluid Friction Apparatus, Computational Fluid Dynamics, Cross-sectional Variations, Pipe Bends.*

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis panjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini tepat pada waktunya. Adapun terwujudnya Skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan serta petunjuk dari berbagai pihak yang tak ternilai harganya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan dan penyelesaian Skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orangtuaku, Ayahku dan Ibuku tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada anaknya tercinta ini.
2. Bapak Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Adian Aristia Anas, S.T., M.Sc., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ir. Hj. Ella Sundari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Ibu Ir. Fenoria Putri, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis menyelesaikan Skripsi ini.
7. Bapak Ir. Zainuri Anwar, S.T., M.Eng., IPP. sebagai Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan penulis menyelesaikan Skripsi ini.
8. Sahabat – sahabatku, Arief, Ammar, Fatih yang telah banyak berbagi keceriaan, kebersamaan dan kesulitan yang pernah kita alami bersama.
9. Teman – teman seperjuangan terbaikku, kelas 8PPB yang telah berjuang bersama – sama selama menyelesaikan studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan.
10. Teman – teman seangkatan 2022 Program Studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan yang telah berjuang bersama – sama selama menyelesaikan studi D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan.
11. Semua pihak terkait yang tidak mungkin disebutkan oleh penulis satu persatu di dalam Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam tulisan Skripsi ini. Penulis secara terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca agar ke depannya penulis dapat membuat laporan penelitian yang lebih baik.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak, semoga kebaikan menjadi amal ibadah dan mendapatkan Ridha dari Allah SWT, Aamin ... Yaa Rabbal'alamin.

Palembang, Juni 2026
Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 Pengertian fluida	5
2.1.2 Persamaan Kontinuitas.....	5
2.1.3 Hukum Bernoulli.....	6
2.1.4 Bilangan Reynolds	7
2.1.5 <i>Head loss</i> pada sistem perpipaan	8
2.1.6 <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD).....	11
2.1.7 Spesifikasi Pipa PVC	12
2.2 Kajian Pustaka	13
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 17
3.1 Diagram Alir.....	17
3.2 Perumusan Masalah.....	18
3.3 Studi Literatur.....	18
3.4 Desain dan Konstruksi Alat.....	18
3.4.1 Komponen Alat	19
3.4.2 Skema Pengujian pada Alat	21
3.5 Variabel, Data dan Parameter Pengujian.....	22

3.5.1 Variabel Penelitian.....	22
3.5.2 Data Pengujian	22
3.5.3 Parameter Pengujian	23
3.6 Metode Analisis Data	23
3.6.1 Metode Eksperimental	23
3.6.2 Metode Teoritis	25
3.6.3 Metode Simulasi CFD.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data Hasil Pengujian	27
4.2 Pengolahan Data	29
4.2.1 Proses Perhitungan <i>Standard Elbow</i> 90°	29
4.2.2 Hasil Pengolahan Data	31
4.3 Hasil Simulasi CFD (Ansys Fluent).....	33
4.4 Pengolahan Data Simulasi	34
4.4.1 Proses Perhitungan hasil CFD <i>Standard Elbow</i> 90°	35
4.4.2 Hasil Pengolahan Data Simulasi	35
4.5 Analisis dan Pembahasan	36
4.5.1 Pengaruh Variasi Sudut dan Radius Belokan Pipa	37
4.5.2 Pengaruh Variasi Perubahan Penampang dan Percabangan	40
4.5.3 Analisis Kerugian Tekanan pada Katup (<i>Valve</i>).....	43
4.5.4 Analisis Perbandingan: Eksperimen, Teori, dan CFD	45
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Perubahan Ketinggian Pipa	7
Gambar 2.2 Karakteristik Jenis Aliran	8
Gambar 2.3 Gesekan Antara Fluida dan Dinding Pipa	9
Gambar 2.4 Aliran Fluida Melalui Perubahan Ukuran Penampang	10
Gambar 2.5 Simulasi aliran dengan CFD	11
Gambar 2.6 Spesifikasi Pipa PVC Rucika AW	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Desain Alat	19
Gambar 3.3 Skema Pengujian	21
Gambar 4.1 Simulator Rugi Aliran	27
Gambar 4.2 Pembacaan Δh pada manometer	28
Gambar 4.3 <i>Standard Elbow 90 °</i>	29
Gambar 4.4 Proses <i>Meshing</i>	33
Gambar 4.5 Rekapitulasi Komparasi Nilai <i>Minor Losses</i>	37
Gambar 4.6 Komparasi <i>elbow 90</i> vs <i>elbow 45</i>	37
Gambar 4.7 <i>Streamline</i> pada <i>elbow 90</i> dan <i>45</i>	38
Gambar 4.8 <i>Pressure Difference</i> pada <i>elbow 90</i> dan <i>45</i>	38
Gambar 4.9 Komparasi <i>standard elbow</i> vs <i>long elbow</i>	39
Gambar 4.10 <i>Streamline</i> pada <i>long elbow</i>	39
Gambar 4.11 <i>Pressure Difference</i> pada <i>elbow 90</i> dan <i>long elbow</i>	40
Gambar 4.12 Grafik <i>minor loss</i> komponen <i>reducer</i>	40
Gambar 4.13 <i>Pressure Difference</i> dan <i>streamline</i> pada <i>reducer</i>	41
Gambar 4.14 Grafik Komparasi Cabang-Y	41
Gambar 4.15 <i>Pressure Difference</i> dan <i>Streamline</i> pada Y atas	42
Gambar 4.16 <i>Pressure Difference</i> dan <i>Streamline</i> pada Y bawah	42
Gambar 4.17 Komparasi <i>minor loss</i> antara <i>gate valve</i> dan <i>ball valve</i>	43
Gambar 4.18 Hambatan internal pada <i>gate valve</i>	44
Gambar 4.19 <i>Pressure Difference</i> dan <i>Streamline</i> pada <i>Gate Valve</i>	44
Gambar 4.20 Bukaan fraksional <i>gate valve</i>	45
Gambar 4.21 <i>Pressure Difference</i> dan <i>Streamline</i> pada <i>Ball Valve</i>	45
Gambar 4.22 Grafik Error <i>Minor Losses</i>	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Komponen Rangka.....	20
Tabel 3.2 Komponen Perpipaan.....	20
Tabel 3.3 Komponen Pengukur.....	20
Tabel 3.4 Tabel Parameter Pengujian	23
Tabel 4.1 Tabel Parameter	27
Tabel 4.2 Tabel data hasil pengujian.....	28
Tabel 4.3 Tabel hasil pengolahan data	32
Tabel 4.4 Tabel Hasil Simulasi CFD	34
Tabel 4.5 Tabel hasil pengolahan data simulasi.....	36
Tabel 4.6 Tabel Rekapitulasi Pengolahan Data	36

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi:

A	= Luas penampang dalam pipa (m^2)
D	= Diameter dalam pipa (m)
f	= Faktor gesek pipa (<i>Darcy friction factor</i>)
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
H	= Total head loss (m)
H_f	= Kerugian energi mayor (<i>major loss</i>) (m)
H_m	= Kerugian energi minor (<i>minor loss</i>) (m)
K	= Koefisien kehilangan energi minor
L	= Panjang pipa (m)
$\dot{m}$	= Laju massa fluida (kg/s)
Q	= Debit aliran (m^3/s)
Re	= Bilangan Reynolds
V	= Kecepatan aliran rata-rata fluida (m/s)
P	= Massa jenis fluida (kg/m^3)
M	= Viskositas dinamik fluida

Singkatan:

CFD	= <i>Computational Fluid Dynamics</i>
PVC	= <i>Polyvinyl Chloride</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Lembar Rekomendasi Skripsi
Lampiran 2	Lembar Kesepakatan Bimbingan Skripsi
Lampiran 3	Lembar Bimbingan Skripsi
Lampiran 4	Lembar Pengajuan Judul
Lampiran 5	Lembar Pengesahan Judul
Lampiran 6	Lembar Penyerahan Laporan KP, MBKM dan Sempro
Lampiran 7	Lembar Bukti Submit Jurnal
Lampiran 8	Surat Mitra
Lampiran 9	Tabel Koefisien
Lampiran 10	Assembly Alat
Lampiran 11	Diagram Moody
Lampiran 12	Hasil Pengujian
Lampiran 13	Dokumentasi