ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD

SKRIPSI

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

Oleh:

M. Ammar Desfarizi
NPM. 062240212038

JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG

2026

ANALYSIS OF THE EFFECT OF PIPE SURFACE ROUGHNESS ON MAYOR LOSSES USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) SIMULATION

THESIS

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

By:

M. Ammar Desfarizi
NPM. 062240212038

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD

SKRIPSI

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

Palembang, ...
Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama,

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

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	:	M. Ammar Desfarizi
NPM	:	062240212038
Jurusan / Program Studi	:	Teknik Mesin / D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Rencana Judul	:	**ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD**

Telah selesai diuji dalam Ujian Skripsi Sarjana Terapan
di hadapan Tim Dosen Penguji pada tanggal 17 juli 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		31/8-2026
2.	Ir. Hj. Ella Sundari, S.T., M.T. NIP. 198103262005012003	Anggota		31/26
3.	Dr. Ir. Baiti Hidayati, S.T., M.T., IPP. NIP. 199207062022032011	Anggota		26/26

Palembang, 2026
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	M. Ammar Desfarizi
NPM	:	062240212038
Tempat/Tanggal lahir :	:	Palembang / 11 Desember 2004
Alamat	:	Jalan Mataram Ujung RT 037 RW 001
No. Telepon	:	081282663470
Jurusan / Program Studi	:	Teknik Mesin / D–IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi	:	**ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD**

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, ...

M. Ammar Desfarizi
NPM. 062240212038

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	M. Ammar Desfarizi
NPM	:	062240212038
Jurusan / Program Studi	:	Teknik Mesin / D – IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Judul Skripsi	:	**ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD**

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 Accptance* 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, ...

M. Ammar Desfarizi
NPM. 062240212038

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Pernah berhenti bukan berarti menyerah, selama masih mau melangkah, perjalanan belum selesai**"**

"Bersemangatlah terhadap apa yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan kepada Allah, dan janganlah kamu merasa lemah"
(HR. Muslim No. 2664)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan tanpa mengenal lelah. Terima kasih telah menjadi alasan untuk terus melangkah, bahkan ketika perjalanan terasa begitu berat.
2. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, perhatian, semangat, dan dukungan selama menjalani pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu, arahan, serta bimbingan selama masa studi, khususnya:
    a. Ibu Fenoria Putri, selaku Pembimbing I, yang senantiasa meyakinkan, membimbing, serta memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis untuk terus berusaha dan menyelesaikan skripsi hingga dapat mengikuti sidang skripsi.
    b. Bapak Zainuri Anwar, selaku Pembimbing II, yang senantiasa memberikan arahan, masukan, serta dengan sabar membimbing dan menghadapi berbagai kekurangan penulis selama proses penyelesaian skripsi.
    c. Ibu Ella Sundari, selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, yang senantiasa membantu, memberikan

perhatian, serta memudahkan berbagai proses yang diperlukan agar penulis dapat menyelesaikan persyaratan dan mengikuti sidang skripsi.

4. Sahabat dan rekan-rekan seperjuangan yang telah memberikan bantuan, masukan, dan motivasi selama proses penelitian dan penyusunan skripsi, khususnya:
   a. Rindi, teman yang selalu memberikan semangat dan meyakinkan bahwa penulis mampu menyelesaikan pendidikan ini di kala penulis ragu akan kemampuan dirinya sendiri.
   b. Nayla Hikmah, seorang teman yang bersedia menjadi tempat untuk berbagi cerita dan mendengarkan keluh kesah permasalahan penulis, terutama ketika penulis sedaang berada dalam masa masa yang sulit. Terima kasih bersedia mendengarkan tanpa menghakimi dan memberikan ruang bagi penulis untuk kembali menenangkan diri serta melanjutkan perjalanan.
   c. Lyra Aprilia, Haza Zamzari, Ahmad Rafly, teman – teman akrab sejak masa sekolah yang telah menemani berbagai fase kehidupan perjalanan hingga saat ini. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, bantuan, dan kepedulian yang tetap terjaga meskipun perjalanan masing masing akan berbeda.
   d. Kiagus Fathur Rohim, teman seperjuangan di bangku perkuliahan yang bersedia membantu dan direpotkan dalam berbagai keperluan akademik, termaasuk membantu mengejar tanda tangan dosen agar penulis dapat memperoleh rekomendasi dan mengikuti sidang skripsi ketika sedang menjalani program *internship* di luar Palembang. Bantuan tersebut sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Almamater tercinta, Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, yang telah menjadi tempat untuk menimba ilmu, memperoleh pengalaman, mengembangkan diri, serta membentuk karakter penulis selama menempuh pendidikan.

6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Setiap bantuan, perhatian dan kebaikan yang diberikan telah menjadi bagian yang berarti dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Diri sendiri, yang meskipun pernah merasa lelah, tertinggal, bahkan sempat berhenti, akhirnya memilih untuk kembali melangkah dan menyelesaikan apa yang telah dimulai.

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN PIPA TERHADAP *MAYOR LOSSES* MENGGUNAKAN METODE SIMULASI CFD

M. Ammar Desfarizi
(2026: xvi + 66 Halaman, 41 Gambar, 7 Tabel, Lampiran)

Sistem perpipaan merupakan salah satu komponen penting dalam proses distribusi fluida yang banyak digunakan pada sektor industri maupun domestik. Salah satu faktor yang memengaruhi efisiensi sistem perpipaan adalah kehilangan energi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa (*mayor losses*). Besarnya *mayor losses* dipengaruhi oleh beberapa parameter, salah satunya adalah tingkat kekasaran permukaan pipa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kekasaran permukaan pipa terhadap *mayor losses* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) serta membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan teoritis. Penelitian dilakukan secara numerik menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent 2021 R2 dengan model pipa lurus horizontal sepanjang 10 m dan diameter ¾ inch (19,05 mm). Fluida yang digunakan adalah air pada suhu ruang dengan debit 30 L/menit. Variasi kekasaran permukaan direpresentasikan oleh tiga jenis material pipa, yaitu *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Polypropylene Random Copolymer* (PPR), dan *stainless steel*. Parameter yang dianalisis meliputi *pressure drop*, *mayor losses*, distribusi tekanan, distribusi kecepatan, serta *wall shear stress*. Nilai *mayor losses* teoritis dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach, kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi CFD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kekasaran permukaan pipa memberikan pengaruh terhadap nilai *pressure drop* dan *mayor losses*. Hasil simulasi CFD menghasilkan nilai *pressure drop* sebesar 19.451 Pa pada pipa PVC, 19.540 Pa pada pipa PPR, dan 19.538 Pa pada pipa stainless steel. Nilai *mayor losses* teoritis diperoleh sebesar 1,82 m, sedangkan hasil simulasi CFD masing-masing sebesar 1,988 m untuk PVC, 1,996 m untuk PPR, dan 1,996 m untuk stainless steel. Perbandingan antara hasil teoritis dan simulasi menunjukkan persentase kesalahan kurang dari 10%, sehingga metode CFD dinilai mampu merepresentasikan karakteristik aliran fluida dengan baik. Perbedaan hasil antar pipa relatif kecil karena ketiga nya memiliki nilai kekasaran permukaan yang masih berada pada rentang rendah

Kata kunci: *Computational Fluid Dynamics (CFD),* kekasaran permukaan pipa, *mayor losses, pressure drop, wall shear stress.*

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF PIPE SURFACE ROUGHNESS ON MAYOR LOSSES USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) SIMULATION

M. Ammar Desfarizi
(2026: xvi + 66 Page, 41 Picture, 7 Tabel, Lampiran)

Pipeline systems are essential components in fluid distribution processes widely used in industrial and domestic applications. One of the factors affecting the efficiency of a pipeline system is energy loss caused by friction between the flowing fluid and the inner pipe wall, known as *mayor losses*. The magnitude of *mayor losses* is influenced by several parameters, one of which is the surface roughness of the pipe. This study aims to analyze the effect of pipe surface roughness on *mayor losses* using the *Computational Fluid Dynamics* (CFD) method and to compare the simulation results with theoretical calculations. This research was conducted numerically using ANSYS Fluent 2021 R2. The simulation model consisted of a horizontal straight pipe with a length of 10 m and a diameter of ¾ inch (19.05 mm). Water at room temperature was used as the working fluid with a flow rate of 30 L/min. Variations in surface roughness were represented by three pipe materials: Polyvinyl Chloride (PVC), Polypropylene Random Copolymer (PPR), and stainless steel. The analyzed parameters included *pressure drop*, *mayor losses*, pressure distribution, velocity distribution, and wall shear stress. The theoretical value of *mayor losses* was calculated using the Darcy–Weisbach equation and compared with the CFD simulation results. The results indicate that variations in pipe surface roughness affect both *pressure drop* and *mayor losses*. The CFD simulation produced *pressure drop* values of 19,451 Pa for the PVC pipe, 19,540 Pa for the PPR pipe, and 19,538 Pa for the stainless steel pipe. The theoretical *mayor losses* value was 1.82 m, while the CFD simulation produced values of 1.988 m for PVC, 1.996 m for PPR, and 1.996 m for stainless steel. The comparison between the theoretical calculations and CFD results showed an error percentage of less than 10%, indicating that the CFD method is capable of accurately representing the fluid flow characteristics. The differences among the three pipe were relatively small because they have low surface roughness values, resulting in similar flow resistance characteristics**.**

Keywords: *Computational Fluid Dynamics (CFD), pipe surface roughness, mayor losses, pressure drop, Wall shear stress.*

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat 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 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 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. 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 tulisan dan laporan 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, Juli 2026

Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman

SKRIPSI i
THESIS ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN vii
ABSTRAK x
ABSTRACT xi
PRAKATA xii
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvi
DAFTAR LAMPIRAN xvii

BAB I PENDAHULUAN 1
10.1 Latar Belakang 1
10.2 Rumusan Masalah 3
10.3 Batasan Masalah 4
10.4 Tujuan dan Manfaat 4
10.4.1 Tujuan Penelitian 4
10.4.2 Manfaat Penelitian 5
10.5 Sistematika Penulisan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Kajian Pustaka 7
2.2 Landasan Teori 9
2.2.1 Persamaan Kontinuitas 9
2.2.2 *Head losses* 9
2.2.3 *Pressure drop* 11
2.2.4 Bilangan Reynolds 12
2.2.5 Diagram *Moody* 13
2.2.6 *Computional Fluid Dynamics* 15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Metode Penelitian 17
3.2 Lokasi dan Jadwal Penelitian 17
3.3 Diagram Alir 17
3.4 Alat dan Bahan 20
3.4.1 Alat 20
3.4.2 Bahan 20
3.5 Skema Penelitian 21
3.6 Variabel Penelitian 21
3.7 Data dan Parameter Pengujian 22

3.7.1 Data Primer 22
3.7.2 Data Sekunder 22
3.7.3 Parameter Pengujian 22
3.8 Pembuatan Geometri 23
3.9 Proses *Meshing* 24
3.10 Proses *Setup* 32
3.11 Metode Analisis Data 38
3.11.1 Metode perhitungan Matematis 38
3.11.2 Metode Simulasi CFD 39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil *Meshing* 41
4.2 Analisa Hasil Simulasi *Computional Fluid Dynamics* 43
4.2.1 Variasi kekasaran permukaan pipa 44
4.3 Analisis matematis *mayor losses* 50
4.3.1 Perhitungan *mayor losses* PVC 50
4.3.2 Perhitungan *mayor losses* PPR 52
4.3.3 Perhitungan *mayor losses Stainlees steel* 53
4.4 Analisa dan pembahasan 55
4.4.1 Pengaruh variasi kekasaran permukaan pipa 55
4.4.2 Analisis perbandingan simulasi CFD dan teoritis 56
4.4.3 Perbandingan hasil simulasi dengan data aktual 58

BAB V PENUTUP 61
5.2 Kesimpulan 61
5.2 Saran 62

DAFTAR PUSTAKA 63

LAMPIRAN 65

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Jenis aliran 13
Gambar 2.2 Diagram moody..... 15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... 18
Gambar 3.2 Skema Penelitian..... 21
Gambar 3.3 Import Geometri..... 24
Gambar 3.4 Membuka Fluent Meshing 25
Gambar 3.5 Generate Mesh 26
Gambar 3.6 add mesh sizing..... 27
Gambar 3.7 Body pipe 27
Gambar 3.8 Geometri pipa..... 28
Gambar 3.9 Geometri pipa..... 28
Gambar 3.10 Element size 29
Gambar 3.11 Jumlah nodes dan element 30
Gambar 3.12 Inlet pipe..... 31
Gambar 3.13 Wall pipe..... 31
Gambar 3.14 Outlet pipe..... 32
Gambar 3.15 Fluent Launcher 32
Gambar 3.16 Jenis solver..... 33
Gambar 3.17 Menentukan model turbulensi..... 34
Gambar 3.18 Menentukan fluida 34
Gambar 3.19 Menentukan cell zone condition 35
Gambar 3.20 Menentukan boundary condition 36
Gambar 3.21 initialization methods..... 36
Gambar 3.22 Run calculation 37
Gambar 3.23 post processing..... 38
Gambar 4.1 Hasil meshing pipa PVR..... 42
Gambar 4.2 Hasil meshing pipa PPR..... 42
Gambar 4.3 Hasil meshing pipa stainless steel..... 42
Gambar 4.4 Hasil grafik residual pipa pvc 43
Gambar 4.5 Distribusi pressure pipa pvc..... 45
Gambar 4.6 Distribusi pressure pipa PPR..... 45
Gambar 4.7 Distribusi pressure pipa stainless steel..... 46
Gambar 4.8 Distribusi velocity pipa pvc 47
Gambar 4.9 Distribusi velocity pipa ppr..... 47
Gambar 4.10 Distribusi velocity pipa stainless steel 48
Gambar 4.11 Distribusi wall shear stress pipa pvc 49
Gambar 4.12 Distribusi wall shear stress pipa ppr..... 49
Gambar 4.13 Distribusi wall shear stress pipa stainless steel 50
Gambar 4.14 Grafik Nilai Pressure drop terhadap kekasaran permukaan pipa ... 56
Gambar 4.15 Grafik Mayor losses CFD dan Teoritis 57
Gambar 4.16 Grafik pressure drop CFD dan Aktual 59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Peralatan yang diperlukan..... 20
Tabel 3.2 Bahan – bahan yang diperlukan..... 20
Tabel 3.3 Parameter Pengujian 23
Tabel 3.4 Data hasil simulasi CFD 40
Tabel 4.1 Hasil Meshing..... 41
Tabel 4.2 Hasil variasi kekasaran permukaan pipa..... 44
Tabel 4.3 Perbandingan pressure drop CFD dan aktual 59

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Lembar Rekomendasi Seminar Skripsi 65
Lampiran 2. Lembar Rekomendasi Seminar Proposal Skripsi..... 66
Lampiran 3. Lembar Revisi Proposal Skripsi..... 67
Lampiran 4. Lembar Kesepakatan Bimbingan Skripsi 68
Lampiran 5. Lembar Penyerahan KP, MBKM, Sempro..... 70
Lampiran 6. Lembar Bukti Submit Jurnal 72
Lampiran 7. Surat Mitra..... 75