

SKRIPSI

Analisa Numerik Aliran Fluida pada Pipa HDPE dengan Pendekatan *Dynamic Similarity*



Oleh

NAMA : Ranu Agustri Putra

NPM : 21036010070

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**

JAWA TIMUR

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS *NUMERIC* ALIRAN FLUIDA PADA PIPA HDPE
DENGAN PENDEKATAN *DYNAMIC SIMILARITY***

Disusun Oleh:

Ranu Agustri Putra
NPM. 21036010070

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima Tim Penguji Skripsi Program Studi

Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Pada Hari Senin 27 Oktober 2025

Dosen Penguji 1


Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.
NIP. 199407262024061002

Dosen Pembimbing I


Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

Dosen Penguji 2


Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 199403112025062005

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT
NIP. 196406111992032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 196504031991032001



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

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

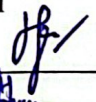
Nama : Ranu Agustri Putra
NPM : 21036010070
Program Studi : ~~Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /~~
~~Teknik Lingkungan / Teknik Sipil / Teknik Mesin~~

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN) / SEMINAR~~
~~PROPOSAL / SKRIPSI / TUGASAKHIR~~ Ujian Lisan Periode II, TA . 2025/2026.

Dengan judul : ANALISIS *NUMERIC* ALIRAN FLUIDA PADA PIPA HDPE DENGAN
PENDEKATAN *DYNAMIC SIMILARITY*

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
2. Williandi Saputro, S.T., M.Eng.

()
() 10/11/2025

Surabaya, 10 Oktober 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



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

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ranu Agustri Putra

NPM 21036010070

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Pendidikan tinggi, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh Lembaga lain, kecuali yang tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar Pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur plagiarisme. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 27 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan,



Ranu Agustri Putra

NPM. 21036010070

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya hanturkan kepada Allah Subhanawata'ala atas segala berkah dan karunianya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi "Analisis Numerik Aliran Fluida pada Pipa HDPE dengan Pendekatan *Dynamic Similarity*" Saya sadari bahwa dalam menyelesaikan Skripsi ini banyak pihak yang telah membantu memberi bimbingan, arahan, dan do'a yang akan selalu saya kenang dan syukuri. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
2. **Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.** selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. **Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing saya dalam menyelesaikan penulisan skripsi saya.
4. **Tria Puspa Sari, S.T., M.Sc** selaku dosen penguji satu yang telah berkontribusi untuk menyempurnakan hasil penulisan skripsi saya.
5. **Williandi Saputro, S.T., M.Eng** selaku dosen penguji dua yang telah berkontribusi untuk menyempurnakan hasil penulisan skripsi saya.
6. **Kedua orang tua** yang senantiasa memberikan doa, perhatian, dan motivasi tiada henti.
7. **Kekasih saya, Musafira Okta ghina Tsabitah** yang turut serta memberikan semangat dan senantiasa menemani saya untuk mengerjakan skripsi, dan motivasi yang tiada henti – hentinya kepada saya.
8. **Teman – teman seluruh angkatan Program Studi Teknik Mesin** yang telah memberikan semangat, dukungan serta mau diajak bertukar informasi, tentunya juga saling mendoakan penulis dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan mengharap ridho dari Allah Subhanawata'ala, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Surabaya,

Ranu Agustri Putra
NPM.21036010070

ABSTRAK

Analisis aliran fluida pada pipa merupakan aspek penting dalam perancangan dan optimasi sistem perpipaan, khususnya pada pipa High Density Polyethylene (HDPE) yang banyak digunakan karena sifatnya yang fleksibel, ringan, dan memiliki kekasaran permukaan rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aliran fluida pada pipa HDPE dengan pendekatan *dynamic similarity* melalui simulasi numerik berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD). Pendekatan ini digunakan untuk menjaga kesetaraan parameter nondimensional, terutama bilangan Reynolds, sehingga model berskala mampu merepresentasikan kondisi prototipe secara akurat. Simulasi dilakukan menggunakan ANSYS Fluent 2023 R2 dengan variasi kecepatan inlet 0,5 m/s, 1 m/s, 2 m/s, dan 3 m/s, serta penggunaan tiga model turbulen meliputi $k-\epsilon$, $k-\omega$, dan Reynolds Stress Model (RSM). Proses penelitian meliputi pemodelan geometri, pembuatan mesh, *grid independence test*, serta analisis kontur distribusi kecepatan dan tekanan, sementara validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap profil teoritis *power-law*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa RSM memberikan akurasi terbaik dengan RMSE sebesar 1,7%, diikuti $k-\epsilon$ sebesar 3,0% dan $k-\omega$ sebesar 3,6%. Peningkatan kecepatan inlet menghasilkan intensitas turbulensi yang lebih tinggi serta peningkatan *pressure drop* sepanjang pipa. Pendekatan *dynamic similarity* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi analisis dengan kesalahan prediksi aliran kurang dari 5%, sehingga metode ini layak digunakan untuk desain serta evaluasi sistem perpipaan HDPE di berbagai aplikasi industri.

Kata kunci: Pipa HDPE, CFD, Dynamic Similarity, Turbulensi, Reynolds Stress Model.

ABSTRACT

Fluid flow analysis in pipes is an important aspect in the design and optimization of piping systems, especially in High Density Polyethylene (HDPE) pipes, which are widely used due to their flexibility, light weight, and low surface roughness. This study aims to analyze the characteristics of fluid flow in HDPE pipes using a dynamic similarity approach through Computational Fluid Dynamics (CFD)-based numerical simulation. This approach is used to maintain the equivalence of nondimensional parameters, especially the Reynolds number, so that the scaled model can accurately represent the prototype conditions. The simulation was performed using ANSYS Fluent 2023 R2 with inlet velocity variations of 0.5 m/s, 1 m/s, 2 m/s, and 3 m/s, and the use of three turbulent models, including k - ϵ , k - ω , and Reynolds Stress Model (RSM). The research process included geometry modeling, mesh creation, grid independence testing, and analysis of velocity and pressure distribution contours, while validation was performed by comparing the simulation results with the theoretical power-law profile. The results showed that RSM provided the best accuracy with an RMSE of 1.7%, followed by k - ϵ at 3.0% and k - ω at 3.6%. Increased inlet velocity resulted in higher turbulence intensity and increased pressure drop along the pipe. The dynamic similarity approach proved effective in improving analysis efficiency with flow prediction errors of less than 5%, making this method suitable for the design and evaluation of HDPE piping systems in various industrial applications.

Keywords: HDPE pipe, CFD, Dynamic Similarity, Turbulence, Reynolds Stress Model.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Flow Similarity.....	7
2.2.1 <i>Geometry Similarity</i>	7
2.2.2 <i>Kinematics Similarity</i>	8
2.2.3 <i>Dynamic Similarity</i>	8
2.3 Konsep Dasar Aliran Fluida.....	9
2.3.1 Defisini dan Karakteristik Aliran Fluida.....	9
2.3.2 Parameter Aliran Fluida.....	10

2.3.3 Aliran Laminar	13
2.3.4 Aliran Turbulen	13
2.4 <i>Pipa High Density Polythylene (HDPE)</i>	14
2.5 <i>Dynamic Similarity</i>	16
2.5.1 Prinsip <i>Dynamic Similarity</i>	16
2.5.2 Aplikasi <i>Dynamic Similarity</i> dalam Analisa Aliran	16
2.5.3 Parameter Non-Dimensional	16
2.6 <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	17
2.7 Model Turbulen	18
2.7.1 $k - \varepsilon$ Model	18
2.7.2 $k - \omega$ Model	18
2.8 Hipotesis	22
BAB III	23
METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Diagram alir Penelitian	23
3.2 Diagram alir Simulasi	24
3.3 Prosedur Penelitian	24
3.4 Pengumpulan Data	25
3.4.1 Pemodelan Geometri	25
3.4.2 Meshing	26
3.4.3 Penentuan Boundary Condition	27
3.5 Metode penelitian	27
3.6 Variabel penelitian	27
3.6.1 Variabel Bebas	28
3.6.2 Variabel Terikat	28

3.6.3 Variabel Kontrol	28
3.7 Alat dan Bahan	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1 nilai kekasaran (<i>roughness coefficient</i>) pipa HDPE.....	15
Tabel 2 Tabel Klasifikasi Pipa HDPE berdasarkan PE Grade	15
Tabel 4. 1 Hasil Grid Independent Te	30
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Dynamic Similarity.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Data <i>loss coefficient</i> dan model aliran untuk <i>globe valve</i>	6
Gambar 2.2 jenis aliran fluida	9
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Grid Independent Test	31
Gambar 4. 2 Grafik Validasi Teori dan Simulasi	33
Gambar 4. 3 Penempatan Line	39
Gambar 4. 4 grafik Perbandingan model turbulen pada 0,5D	41
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Model Turbulen pada 4D	43
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Model Turbulen pada 9D	45
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Model Turbulen pada 12D	47
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Model Turbulen pada 15D	49
Gambar 4. 9 Perbandingan Profil Kecepatan model turbulen pada kecepatan 0.5 m/s	51
Gambar 4. 10 Perbandingan Profil Kecepatan model turbulen pada kecepatan 1 m/s	53
Gambar 4. 11 Perbandingan Profil Kecepatan model turbulen pada kecepatan 2 m/s	54
Gambar 4. 12 Contour pressure Epsilon pada kecepatan 2 m/s	56
Gambar 4. 13 Contour Pressure Omega pada kecepatan 2 m/s.....	57
Gambar 4. 14 Contour Pressure RSM pada kecepatan 2 m/s.....	58
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Simulasi dan Scale up	64
Gambar 4. 16 Perbandingan Contour Pressure Dynamic Similarity	65
Gambar 4. 17 Perbandingan Contour Velocity simulasi dengan Scale up.....	66