



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA PIPA BERGELOMBANG
DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

TUGAS AKHIR

**M. RIZQI PRIMADHANI
L2E 005 463**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JUNI 2011**

TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : M. Rizqi Primadhani
NIM : L2E 005 463

Dosen Pembimbing : Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT

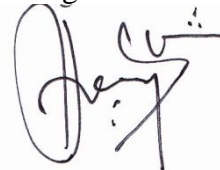
Jangka Waktu : 10 (sepuluh) Bulan

Judul : Simulasi Aliran Fluida Pada Pipa Bergelombang
Dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Isi Tugas : 1. Untuk mengetahui besarnya penurunan tekanan
pada aliran fluida yang mengalir melalui pipa
bergelombang.
2. Untuk mengetahui pengaruh geometri pipa
bergelombang terhadap tekanan dan kecepatan
yang terjadi pada aliran fluida.

Semarang, 9 Juni 2011

Pembimbing



Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT

NIP. 197104211999031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : M. Rizqi Primadhani

NIM : L2E 005 463

Tanda Tangan :



Tanggal : 9 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : M. Rizqi Primadhani

NIM : L2E 005 463

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Simulasi Aliran Fluida Pada Pipa Bergelombang Dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

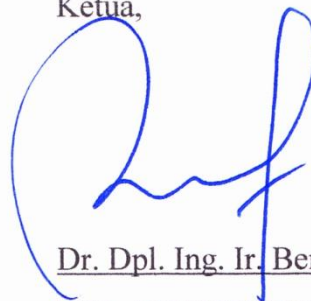
TIM PENGUJI

Pembimbing	: Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT	()
Penguji	: Yusuf Umardani, ST, MT	()
Penguji	: Muchammad, ST, MT	()
Penguji	: Ir. Sumar Hadi Suryo	()

Semarang, 30 Juni 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Rizqi Primadhani
NIM : L2E 005 463
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA PIPA BERGELOMBANG DENGAN
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal: 30 Juni 2011

Yang menyatakan



(M. Rizqi Primadhani)
NIM: L2E 005 463

MOTTO

"KESUKSESAN DIMULAI KETIKA KITA MULAI
MENCIPTAKAN IMPIAN JAUH KEDEPAN. DAN SAAT KITA
BERKOMITMEN UNTUK MENCAPAI IMPIAN ITU, MAKA
SELANJUTNYA IMPIAN ITU YANG AKAN MENJADI
MAGNET DAN MENARIK KITA KESANA....."

[WALTER ELLIAS DISNEY]

PERSEMBAHAN

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK IBUKU TERCINTA,
ALMARHUM AYAH, ADIK, SAUDARA-SAUDARA DAN SEMUA
SAHABATKU YANG SENANTIASA MENCURAHKAN KASIH SAYANG,
DUKUNGAN, BIMBINGAN, DAN DOA YANG TULUS DALAM SETIAP
LANGKAHKU. TERIMAKASIHKU SEBAGAI TANDA BAKTI KEPADAMU.

ABSTRAK

Penggunaan pipa sebagai alat transportasi fluida dari satu tempat ke tempat lain sudah digunakan sejak lama. Sampai sekarang telah berkembang berbagai jenis pipa yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Salah satu jenis pipa tersebut adalah pipa bergelombang. Penggunaan pipa bergelombang memiliki tujuan antara lain untuk memperkuat struktur pipa sehingga tidak mudah rusak apabila digunakan pada lingkungan bertekanan tinggi (dikubur di bawah tanah, diletakkan di dasar laut, dll). Namun juga perlu diperhatikan karakteristik aliran fluida yang terjadi pada pipa tersebut, antara lain rugi tekanan yang dapat dipengaruhi oleh geometri pipa yang bergelombang. Simulasi numerik dengan perangkat lunak ANSYS FLUENT digunakan untuk mengamati dan mengetahui besarnya rugi tekanan yang terjadi pada aliran fluida di dalam pipa bergelombang. Fluida dengan kecepatan 0,2 m/s dialirkan ke dalam pipa bergelombang dengan panjang 1 m dan diameter luar 0,1 m. Disimulasikan sembilan pipa dengan gelombang (λ), dan amplitudo (A) untuk mengetahui pengaruh geometri pipa terhadap karakteristik aliran dalam pipa tersebut. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa semakin besar amplitudo maka rugi tekanan akan semakin besar, sedangkan semakin besar panjang gelombang maka rugi tekanan akan semakin kecil.

Kata kunci: pipa bergelombang, rugi tekanan, simulasi numerik, amplitudo, panjang gelombang.

ABSTRACT

Usage of pipe to transport fluid from one place to another has been done since a long time ago. Until today, there are plenty of pipe type developed to simplify human tasks. One of them is corrugated pipe. It's purpose is to strengthen the pipe structure so it's not easy to broken when use in high pressure condition (buried underground, at the bottom of the sea, etc). However, we need to consider characteristic of the fluid flow inside that pipe. Main concern in this research is pressure drop in corrugated flow. Pressure drop occur due to corrugated geometric pipe. A numeric simulation using ANSYS FLUENT software was carried out. The aim of the research was to observe and understand the behavior of the fluid flow through corrugated pipe, especially pressure drop that occur on that pipe. Fluid with 0,2 m/s speed flow through 1 m long and 0,1 m outside diameter pipe. The pipe modeled for the research has a sinusoidal profile. A total of nine different pipe with varying amplitude (A) and wavelength (λ) were simulated to found out the effect of pipe geometri at flow characteristic of the pipe. It was observed that the pressure drop increase along with increasing of the amplitude. And when the wavelength increase, the pressure drop is decrease.

Keyword: corrugated pipe, pressure drop, numeric simulation, amplitude, wavelength.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA PIPA BERGELOMBANG DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada :

1. Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT, selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir.
2. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah memberikan pengetahuan dan ilmu yang bermanfaat selama penulis menjalani studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
3. Ibuku Sri Rahadjeng dan mendiang Ayahku Suroso, dan adikku M. Nindya Dwiymiko yang selalu memberikan doa, kasih sayang, inspirasi, dukungan, dan semangat yang tiada henti-hentinya.
4. Teman-teman seperjuangan selama berada di Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro, khususnya angkatan 2005, yang telah bersama-sama selama ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati untuk kemajuan bersama. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Semarang, 5 Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAKSI	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
NOMENKLATUR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Metode Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Klasifikasi Aliran	7
2.1.1 Aliran <i>Inviscid</i> dan <i>Viscos</i>	8
2.1.2 Aliran Laminar dan Turbulen.....	9
2.1.3 Aliran Kompresibel Dan Inkompresibel	9
2.1.4 Aliran Internal dan Eksternal	10
2.2 Persamaan Dasar Aliran Fluida.....	11

2.2.1	Persamaan Kekekalan Massa	11
2.2.2	Persamaan Kekekalan Momentum.....	13
2.2.3	Persamaan Energi.....	17
2.3	Bilangan Reynolds	21
2.4	Aliran <i>Developing</i> dan <i>Fully Develop</i>	22
2.5	Penurunan Tekanan	24
2.6	Model Turbulen.....	27
2.7	Teori Dasar Metode Volume Hingga.....	28
2.8	Skema Numerik.....	30
2.8.1	Metode Solusi <i>Pressure Based</i>	30
2.8.2	Metode Solusi <i>Density Based</i>	32
2.9	Adapsi Grid	33
2.9.1	Proses Adapsi	33
2.10.1.1	<i>Hanging Node Adaption</i>	33
2.10.1.2	<i>Conformal Adaption</i>	34
2.9.2	Adapsi Y^+ dan Y^*	35
2.10	Jenis Grid	35
2.11	Kualitas Mesh	36
2.11.1	Kerapatan Nodal.....	36
2.11.2	Kehalusan (<i>smoothness</i>).....	37
2.11.3	Bentuk sel.....	37
2.12	Pipa Bergelombang	38
 BAB III PEMODELAN CFD		 40
3.1	Model Benda.....	40
3.2	Langkah Pengerjaan	43
3.3	Simulasi Numerik Pada FLUENT 6.3.26	46
3.3.1	Pembentukan Model dan Kondisi Batas	46
3.3.2	Penggenerasian Mesh.....	47
3.3.3	Solver dan Model Turbulen	48
3.3.4	Pendefinisian Material	48

3.3.5	Pendefinisian Kondisi Batas	48
3.3.6	Proses Iterasi	50
3.3.7	Pengecekan Konvergensi	50
3.3.8	Proses Adapsi	52
BAB IV ANALISA HASIL SIMULASI.....		53
4.1	Perhitungan Penurunan Tekanan Pada Pipa Lurus	53
4.2	Distribusi Tekanan	54
4.3	Distribusi Kecepatan	65
4.4	Perbandingan Antara Tekanan dan Kecepatan	78
4.5	Perbandingan ΔP Antara Pipa Lurus dan Pipa Bergelombang	82
BAB V PENUTUP.....		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pipa bergelombang dan penggunaan pipa bergelombang untuk saluran pembuangan	2
Gambar 1.2	Geometri model pipa bergelombang	3
Gambar 2.1	Respon terhadap gaya	7
Gambar 2.2	Klasifikasi aliran fluida	8
Gambar 2.3	Berbagai daerah aliran lapisan batas diatas plat rata	8
Gambar 2.4	Variasi kecepatan terhadap waktu	9
Gambar 2.5	Aliran dalam Pipa	10
Gambar 2.6	Massa mengalir kedalam dan keluar elemen fluida	12
Gambar 2.7	Komponen tegangan pada tiga bidang elemen fluida	15
Gambar 2.8	Komponen tegangan dalam arah x	15
Gambar 2.9	Komponen vektor <i>flux</i> panas	19
Gambar 2.10	<i>Entrance region</i> , aliran berkembang, dan aliran berkembang penuh pada sistem perpipaan	22
Gambar 2.11	Tipe Profil Kecepatan Aliran Laminar dan Aliran Turbulen	24
Gambar 2.12	Diagram Moody	26
Gambar 2.13	Skema metode solusi <i>Pressure Based</i>	31
Gambar 2.14	Skema metode solusi <i>Density Based</i>	32
Gambar 2.15	Contoh <i>Hanging Node</i>	33
Gambar 2.16	Hasil <i>Conformal Refinement</i>	34
Gambar 2.17	<i>Conformal coarsening</i> dengan menghilangkan titik dan menyegitigakan kembali	34
Gambar 2.18	Hasil Meshing Menggunakan Adapsi y^+	35
Gambar 2.19	Tipe Sel 2D	36
Gambar 2.20	Tipe Sel 3D	36
Gambar 2.21	(a) Aliran laminar, (b) Aliran turbulen karena peningkatan kecepatan, (c) Aliran turbulen karena pipa bergelombang	39
Gambar 2.22	Penggunaan pipa bergelombang pada alat penukar kalor	39

Gambar 3.1	Model benda yang akan disimulasikan	40
Gambar 3.2	Variasi 1	41
Gambar 3.3	Variasi 2	41
Gambar 3.4	Variasi 3	41
Gambar 3.5	Variasi 4	42
Gambar 3.6	Variasi 5	42
Gambar 3.7	Variasi 6	42
Gambar 3.8	Variasi 7	42
Gambar 3.9	Variasi 8	42
Gambar 3.10	Variasi 9	42
Gambar 3.11	Diagram alir pemodelan CFD	44
Gambar 3.12	Daerah asal (<i>domain</i>) untuk pipa dalam aliran satu dimensi	46
Gambar 3.13	Panel kondisi batas <i>inlet</i>	48
Gambar 3.14	Panel kondisi batas <i>outlet</i>	49
Gambar 3.15	Panel <i>Flux Report</i>	51
Gambar 3.16	Adapsi y^+	52
Gambar 4.1	Grafik perbandingan distribusi tekanan antara perhitungan teoritis dengan perhitungan numerik pada pipa lurus.	56
Gambar 4.2	Distribusi tekanan pada variasi 1	57
Gambar 4.3	Distribusi tekanan pada variasi 2	57
Gambar 4.4	Distribusi tekanan pada variasi 3	57
Gambar 4.5	Distribusi tekanan pada variasi 4	58
Gambar 4.6	Distribusi tekanan pada variasi 5	58
Gambar 4.7	Distribusi tekanan pada variasi 6	58
Gambar 4.8	Distribusi tekanan pada variasi 7.	59
Gambar 4.9	Distribusi tekanan pada variasi 8.	59
Gambar 4.10	Distribusi tekanan pada variasi 9.	59
Gambar 4.11	Distribusi tekanan variasi 1, 2, dan 3	60
Gambar 4.12	Distribusi tekanan variasi 4, 5, dan 6	60
Gambar 4.13	Distribusi tekanan variasi 7, 8, dan 9	60
Gambar 4.14	Distribusi tekanan variasi 1, 4, dan 7	61

Gambar 4.15	Distribusi tekanan variasi 2, 5, dan 8	61
Gambar 4.16	Distribusi tekanan variasi 3, 6, dan 9	61
Gambar 4.17	Kontur tekanan variasi 1	62
Gambar 4.18	Kontur tekanan variasi 1 pada sisi masuk	62
Gambar 4.19	Kontur tekanan variasi 2	63
Gambar 4.20	Kontur tekanan variasi 3	63
Gambar 4.21	Distribusi kecepatan pada variasi 1	67
Gambar 4.22	Distribusi kecepatan pada variasi 2	67
Gambar 4.23	Distribusi kecepatan pada variasi 3	67
Gambar 4.24	Distribusi kecepatan pada variasi 4	68
Gambar 4.25	Distribusi kecepatan pada variasi 5	68
Gambar 4.26	Distribusi kecepatan pada variasi 6	68
Gambar 4.27	Distribusi kecepatan pada variasi 7	69
Gambar 4.28	Distribusi kecepatan pada variasi 8	69
Gambar 4.29	Distribusi kecepatan pada variasi 9	69
Gambar 4.30	Distribusi kecepatan variasi 1, 2, dan 3	70
Gambar 4.31	Distribusi kecepatan variasi 4, 5, dan 6	70
Gambar 4.32	Distribusi kecepatan variasi 7, 8, dan 9	70
Gambar 4.33	Distribusi kecepatan variasi 1, 4, dan 7	71
Gambar 4.34	Distribusi kecepatan variasi 2, 5, dan 8	71
Gambar 4.35	Distribusi kecepatan variasi 3, 6, dan 9	71
Gambar 4.36	Kontur kecepatan variasi 1	72
Gambar 4.37	Kontur kecepatan variasi 2	72
Gambar 4.38	Kontur kecepatan variasi 3	73
Gambar 4.39	Vektor kecepatan variasi 1 pada sisi masuk	73
Gambar 4.40	Vektor kecepatan variasi 1 pada bagian tengah	74
Gambar 4.41	Vektor kecepatan variasi 2 pada bagian tengah	74
Gambar 4.42	Vektor kecepatan variasi 3 pada sisi masuk	75
Gambar 4.43	Vektor kecepatan variasi 3 pada bagian tengah	75
Gambar 4.44	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 1	79
Gambar 4.45	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 2	79

Gambar 4.46	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 3	79
Gambar 4.47	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 4	79
Gambar 4.48	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 5	79
Gambar 4.49	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 6	80
Gambar 4.50	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 7	80
Gambar 4.51	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 8	80
Gambar 4.52	Grafik perbandingan antara tekanan dan kecepatan variasi 9	81
Gambar 4.53	Perbandingan distribusi tekanan	82

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Variasi simulasi	3
Tabel 2.1	Kekasaran ekuivalen untuk pipa baru	25
Tabel 3.1	Variasi geometri pipa bergelombang	41
Tabel 3.2	Jenis Volume <i>Meshing</i>	47
Tabel 3.3	Kualitas <i>mesh</i>	47
Tabel 3.4	Kontrol Solusi	50
Tabel 4.1	Perbandingan distribusi tekanan.....	54
Tabel 4.2	Penurunan tekanan	65
Tabel 4.3	Kenaikan kecepatan.....	77

NOMENKLATUR

A	Luasan aliran	m^2
D	Diameter pipa	m
D_H	Diameter Hidrolik pipa	m
E	Energi dalam per satuan massa	Nm/kg
\bar{F}	Total gaya yang diberikan oleh fluida untuk melawan gesekan	N
g	Percepatan yang disebabkan gravitasi	m/s^2
L	Panjang pipa	m
Q	Laju volumetrik aliran	m^3/s
T	Temperatur	K
u	Kecepatan	m/s
\bar{u}	Kecepatan rata – rata untuk aliran homogen	m/s
u'	Kecepatan Fluktuasi	m/s
μ	viskositas	Ns/m^2
ν	Viskositas kinematis	m^2/s
ρ	Densitas	kg/m^3
τ_w	Tegangan geser dinding	N/m^2

ΔP	Penurunan tekanan	Pa
Re	Bilangan Reynolds	-
u	Vektor kecepatan arah sumbu x	m/s
v	Vektor kecepatan arah sumbu y	m/s
w	Vektor kecepatan arah sumbu z	m/s
x,y,z	Sumbu koordinat kartesius	-