



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* PADA JALUR PIPA MINYAK
15.000 BPD DENGAN BERBAGAI VARIASI *WATER CUT* DAN SUDUT
ELEVASI MENGGUNAKAN SIMULASI CFD DAN PIPESYS**

TUGAS AKHIR

BAWIE CAHYO ADHI NUGROHO

L2E 007 019

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

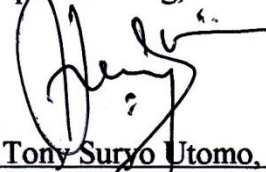
MARET 2012

TUGAS AKHIR

- Diberikan Kepada : Nama: Bawie Cahyo Adhi Nugroho
NIM : L2E 007 019
- Dosen Pembimbing : MSK Tony Suryo Utomo, PhD
- Jangka Waktu : 12 (dua belas) Bulan
- Judul : **Perhitungan *Pressure Drop* pada Jalur Pipa Minyak 15.000 BPD dengan Berbagai Variasi *Water cut* dan Sudut Elevasi Menggunakan Simulasi CFD dan Pipesys**
- Isi Tugas :
 1. Mengetahui diameter optimal yang digunakan pada *flow-line*.
 2. Mengetahui besarnya *pressure drop* pada *flowline* sepanjang 100 ft dengan kondisi *water cut* 20%, 40%, 60%, 80%, dan 90% dengan variasi sudut 0°, 45°, 60°, dan 90°
 3. Mengetahui besar galat *pressure drop* yang dihasilkan fluent dan pipesys terhadap API RP 14-E.
 4. Mengetahui kontur tekanan pada hasil simulasi
 5. Mengetahui vektor kecepatan untuk mengetahui terjadinya *secondary flow*.
 6. Mengetahui lintasan yang dilewati oleh fluida berupa *path lines*.
 7. Mengetahui pola aliran yang terjadi pada pipa lurus dan elevasi.

Semarang, 20 Maret 2012

Dosen pembimbing,



MSK Tony Suryo Utomo, PhD

NIP. 197104211999031003

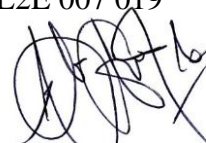
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Bawie Cahyo Adhi Nugroho

NIM : L2E 007 019

Tanda Tangan :



Tanggal : 20 Maret 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Bawie Cahyo Adhi Nugroho

NIM : L2E 007 019

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Perhitungan *Pressure Drop* pada Jalur Pipa Minyak 15.000 BPD dengan Berbagai Variasi *Water cut* dan Sudut Elevasi Menggunakan Simulasi CFD dan Pipesys

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 : MSK Tony Suryo Utomo, PhD

Penguji : Dr. Munadi, ST, MT

Penguji : Khoiri Rozi, ST, MT

()
()
()

Semarang, 20 Maret 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : BAWIE CAHYO ADHI NUGROHO
NIM : L2E 007 019
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN
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:


PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* PADA JALUR PIPA MINYAK 15.000 BPD DENGAN BERBAGAI VARIASI *WATER CUT* DAN SUDUT ELEVASI MENGGUNAKAN SIMULASI CFD DAN PIPESYS

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 20 Maret 2012

Yang menyatakan


(BAWIE CAHYO ADHI N)
NIM. L2E 007 019

PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. ALLAH SWT yang menuntun penulis sejak awal penelitian hingga penyusunan laporan.
2. Kedua orang tua Ku tercinta, terima kasih atas dukungannya dalam doa dan dana.
3. Kakak dan Adik Ku tercinta yang selalu memberikan semangat, terima kasih atas dukungan doanya.
4. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Diponegoro angkatan 2007, terima kasih untuk kritik dan sarannya.
5. Semua pihak yang terkait dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

ABSTRAK

Dalam pendistribusian penyaluran minyak dari sumur pengeboran hingga pengolahan menggunakan pipa yang panjang dan mengalami perubahan elevasi. Perubahan elevasi membentuk sudut tertentu pada pipa. Hal-hal tersebut menyebabkan terjadinya *pressure drop* sepanjang proses pendistribusian minyak tersebut. Pada umumnya pada saat pendistribusian minyak ditambah dengan air yang disebut *water cut*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *water cut* 20%-90% untuk pipa lurus dan 20%-80% untuk pipa elevasi, serta sudut elevasi 45°, 60° dan 90° dengan ketinggian 6.56ft terhadap *pressure drop* yang akan terjadi. Menggunakan metode perhitungan API RP-14E dan simulasi menggunakan perangkat lunak CFD fluent dan PIPESYS.

Dari hasil penelitian Tugas Akhir ini didapatkan bahwa *pressure drop* semakin besar seiring bertambahnya kandungan *water cut* didalam minyak. Sedangkan pada perbedaan sudut elevasi dimana ΔP sudut 90° > ΔP sudut 60° > ΔP sudut 45°. Hal ini terjadi karena pada sudut 90° terindikasi *secondary flow* yang menyebabkan *pressure drop* semakin besar.

Kata kunci : *pressure drop*, *water cut*, sudut elevasi

ABSTRACT

Distribution of oil from drilling wells to processing unit is using long pipe under the changes of elevation with different particular angle of pipe. These things cause the pressure drop along the distribution of the oil. Generally, the distribution of oil added with water is called water cut.

This study aims to determine the effect of 20% -90% water cut for straight pipeline and a 20% -80% for pipeline elevation, under elevation angle of 45 °, 60 ° and 90 ° with a height of 6.56 ft to potential pressure drop. The study is worked by the method of calculation of API RP-14E and simulation by using fluent CFD software and PIPESYS.

Final results of this study is found that the pressure drop is greater as increasing the content of water cut in oil, while the difference in elevation angle of 90 ° which angle $\Delta P > \Delta P$ angle of 60 ° $> \Delta P$ angle of 45 °. This occurs because at the angle of 90 ° the secondary flow is indicated and leads to the greater pressure drop.

Keywords : pressure drop, water cut, angles elevation

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perhitungan *Pressure Drop* pada Jalur Pipa Minyak 15.000 BPD dengan Berbagai Variasi *Water cut* dan Sudut Elevasi Menggunakan Simulasi CFD dan Pipesys”.

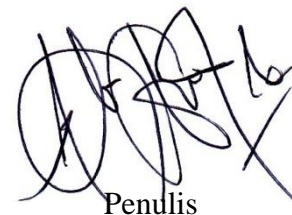
Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak MSK Tony Suryo Utomo, PhD selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Agung Sri Hendrasa beserta Bapak Henri Prakoso selaku Pembimbing di PT. AOZORA AGUNG PERKASA.
3. Ady Priambodo selaku teman satu kelompok Tugas Akhir.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi orang yang membacanya dan dikemudian hari ada generasi penerus yang mampu menyempurnakan kekurangan penelitian ini.

Semarang, 20 Maret 2012



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN ABSTRAK	vii
HALAMAN ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Klasifikasi Aliran.....	5
2.2 Persamaan Dasar Aliran Fluida.....	9
2.3 Bilangan Reynold.....	11
2.4 Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>)	12

2.5	<i>Minor Losses</i>	18
2.6	Aliran <i>Fully Developed</i>	19
2.7	Aliran satu fasa dan multi fasa.....	21
2.8	Pola Aliran.....	22
2.9	Teori Dasar CFD.....	26
2.10	Teori Dasar <i>PIPESYS</i>	32
 BAB III PEMODELAN SIMULASI		
3.1	Mendefinisikan Fluida.....	35
3.2	Model Geometri Benda.....	37
3.3	Pemodelan Simulasi Menggunakan <i>PIPESYS V7.1</i>	37
3.4	Pemodelan Simulasi Menggunakan CFD.....	41
 BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Diameter Optimal.....	50
4.2	Hasil <i>Pressure Drop</i> dan Perbandingan <i>Pressure Drop</i>	51
4.3	Fenomena Aliran.....	60
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	83
 DAFTAR PUSTAKA		
		84
 LAMPIRAN.....		
		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perilaku (a) benda padat (b) fluida berdasarkan gaya geser yang diberikan.....	5
Gambar 2.2 Klasifikasi aliran fluida.....	6
Gambar 2.3 Perbedaan (a) aliran <i>inviscid</i> (b) aliran <i>viscous</i> pada aliran <i>Incompressible</i> melewati silinder.....	7
Gambar 2.4 Aliran fluida pada plat datar.....	7
Gambar 2.5 variasi kecepatan pada sumbu x terhadap waktu.....	8
Gambar 2.6 Cara menghitung D pada bentuk pipa yang berbeda-beda.....	11
Gambar 2.7 Diagram Moody.....	14
Gambar 2.8 Karakter Aliran Pada <i>Elbow</i> 90°.....	18
Gambar 2.9 Karakter Aliran Pada <i>Elbow</i> 90°: (a) tanpa <i>guide vanes</i> (b)dengan <i>guide vanes</i>	19
Gambar 2.10 Aliran pada <i>enterance region</i> dalam pipa.....	19
Gambar 2.11 Aliran <i>Bubble</i>	22
Gambar 2.12 Aliran <i>slug</i>	23
Gambar 2.13 Aliran <i>transition</i>	23
Gambar 2.14 Aliran <i>annular/ mist</i>	24
Gambar 2.15 Aliran <i>stratified smooth</i>	24
Gambar 2.16 Aliran <i>stratified wavy</i>	24

Gambar 2.17 Aliran <i>annular</i> pada pipa horisontal.....	25
Gambar 2.18 Aliran <i>slug</i> pada pipa horisontal.....	25
Gambar 2.19 Aliran <i>plug</i>	25
Gambar 2.20 Aliran <i>bubble</i> pada pipa horisontal.....	26
Gambar 2.21 Aliran <i>mist</i> pada pipa horisontal.....	26
Gambar 2.22 Skema metode solusi <i>pressure based</i>	28
Gambar 2.23 Skema metode solusi <i>density based</i>	29
Gambar 2.24 Hasil <i>meshing</i> menggunakan adaptasi y^+	31
Gambar 2.25 Tipe sel 2D.....	32
Gambar 2.26 Tipe Sel 3D.....	32
Gambar 2.27 Jaringan <i>PIPESYS</i>	34
Gambar 3.1 <i>Fluid package</i>	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Simulasi <i>PIPESYS V7.1</i>	38
Gambar 3.3 Mendefinisikan dimensi dan jenis pipa pada <i>PIPESYS</i>	39
Gambar 3.4 Metode Olgas pada pipa lurus dan elevasi.....	40
Gambar 3.5 Keseluruhan simulasi <i>PIPESYS</i>	40
Gambar 3.6 Menampilkan hasil simulasi.....	41
Gambar 3.7 Diagram Alir Simulasi CFD.....	41
Gambar 3.8 Model dan kondisi batas pipa lurus 2D.....	43
Gambar 3.9 Model dan kondisi batas pipa elevasi 3D dari samping.....	43
Gambar 3.10 Model dan kondisi batas pipa elevasi 3D dari depan.....	44

Gambar 3.11 Adapasi y^+ 1-5 untuk <i>k-epsilon enhanced wall treatment</i>	49
Gambar 4.1 <i>Pressure drop vs water cut</i> pada pipa lurus.....	55
Gambar 4.2 Grafik <i>pressure drop vs water cut</i> pada pipa elevasi sudut 45°, 60°, dan 90° API, <i>Fluent</i> , <i>Eaton-Oliemans-OLGAS</i>	56
Gambar 4.3 Grafik <i>pressure drop vs water cut</i> pada pipa elevasi sudut 45°, 60°, dan 90° API, <i>Fluent</i> , <i>Hugmark-Dukler-OLGAS</i>	56
Gambar 4.4 Grafik <i>pressure drop vs water cut</i> pada pipa elevasi sudut 45°, 60°, dan 90° API, <i>Fluent</i> , <i>OLGAS-OLGAS</i>	57
Gambar 4.5 Grafik <i>pressure drop vs water cut</i> pada pipa elevasi sudut 45°, 60°, dan 90° API, <i>Fluent</i> , <i>Briggs-Brill-OLGAS</i>	57
Gambar 4.6 Grafik <i>pressure drop vs</i> sudut elevasi pada pipa elevasi dengan <i>water cut 20%</i>	58
Gambar 4.7 Grafik <i>pressure drop vs</i> sudut elevasi pada pipa elevasi dengan <i>water cut 40%</i>	59
Gambar 4.8 Grafik <i>pressure drop vs</i> sudut elevasi pada pipa elevasi dengan <i>water cut 60%</i>	59
Gambar 4.9 Grafik <i>pressure drop vs</i> sudut elevasi pada pipa elevasi dengan <i>water cut 80%</i>	60
Gambar 4.10 Kontur Tekanan sudut 90° <i>wc 20% elbow</i> bawah.....	61
Gambar 4.11 Kontur tekanan potongan penampang sudut 90° <i>wc 20%</i> <i>elbow</i> bawah.....	62
Gambar 4.12 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 90° <i>wc 20%</i> <i>elbow</i> bawah.....	62
Gambar 4.13 Kontur Tekanan sudut 60° <i>wc 20% elbow</i> bawah.....	63
Gambar 4.14 Kontur tekanan potongan penampang sudut 60° <i>wc 20%</i> <i>elbow</i> bawah.....	63
Gambar 4.15 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 60° <i>WC 20%</i> <i>elbow</i> bawah.....	64
Gambar 4.16 Kontur Tekanan sudut 45° <i>water cut 20% elbow</i> bawah.....	64
Gambar 4.17 Kontur tekanan potongan penampang sudut 45° <i>water cut 20%</i>	

<i>elbow</i> bawah.....	65
Gambar 4.18 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 45° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> bawah.....	65
Gambar 4.19 Kontur Tekanan sudut 90° <i>water cut</i> 20% <i>elbow</i> atas.....	66
Gambar 4.20 Kontur tekanan potongan penampang sudut 90° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	67
Gambar 4.21 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 90° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	67
Gambar 4.22 Kontur Tekanan sudut 60° <i>wc</i> 20% <i>elbow</i> atas.....	68
Gambar 4.23 Kontur tekanan potongan penampang sudut 60° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	68
Gambar 4.24 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 60° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	69
Gambar 4.25 Kontur Tekanan sudut 45° <i>wc</i> 20% <i>elbow</i> atas.....	69
Gambar 4.26 Kontur tekanan potongan penampang sudut 45° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	70
Gambar 4.27 Vektor kecepatan potongan penampang sudut 45° <i>wc</i> 20%	
<i>elbow</i> atas.....	70
Gambar 4.28 <i>Path lines</i> sudut bawah 90° <i>wc</i> 20%.....	72
Gambar 4.29 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut bawah 90° <i>wc</i> 20%.....	72
Gambar 4.30 <i>Path lines</i> sudut bawah 60° <i>wc</i> 20%.....	73
Gambar 4.31 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut bawah 60° <i>wc</i> 20%.....	73
Gambar 4.32 <i>Path lines</i> sudut bawah 45° <i>wc</i> 20%.....	74
Gambar 4.33 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut bawah 45° <i>wc</i> 20%.....	74
Gambar 4.34 <i>Path lines</i> sudut atas 90° <i>wc</i> 20%.....	75
Gambar 4.35 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut atas 90° <i>wc</i> 20%.....	76
Gambar 4.36 <i>Path lines</i> sudut atas 60° <i>wc</i> 20%.....	76
Gambar 4.37 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut atas 60° <i>wc</i> 20%.....	77
Gambar 4.38 <i>Path lines</i> sudut atas 45° <i>wc</i> 20%.....	77
Gambar 4.39 Potongan penampang <i>path lines</i> sudut atas 45° <i>wc</i> 20%.....	78
Gambar 4.40 Bagian-bagian pipa elevasi.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 kekasaran ekuivalen untuk pipa.....	13
Tabel 3.1 Komponen-komponen penyusun fluida.....	36
Tabel 3.2 Model geometri benda.....	37
Tabel 3.3 Jenis <i>meshing</i>	44
Tabel 3.4 Variasi property fluida.....	45
Tabel 3.5 Kecepatan fluida pada kondisi batas.....	46
Tabel 3.6 Kontrol solusi.....	47
Tabel 4.1 Pemilihan Diameter Optimal.....	50
Tabel 4.2 Hasil <i>pressure drop</i> pipa lurus API RP-14E.....	51
Tabel 4.3 Hasil <i>pressure drop</i> pipa lurus <i>fluent</i>	52
Tabel 4.4 Hasil <i>pressure drop</i> pipa lurus <i>pipesys</i>	52
Tabel 4.5 Hasil <i>pressure drop</i> pipa elevasi API RP-14E.....	53
Tabel 4.6 Hasil <i>pressure drop</i> pipa elevasi <i>fluent</i>	53
Tabel 4.7 Hasil <i>pressure drop</i> pipa elevasi <i>pipesys</i>	54
Tabel 4.8 Jenis pola aliran pada pipa lurus.....	79
Tabel 4.9 Jenis pola aliran pada pipa elevasi.....	80

NOMENKLATUR

Symbol	Keterangan
A	Luas penampang pipa
c	Kecepatan suara, Konstanta empiris
d_i	Diameter dalam
D	Diameter luar pipa
e	Kekasaran absolut
f	Faktor gesekan
g	Percepatan gravitasi
h_L	<i>Head loss</i> per satuan panjang
h_p	<i>Head</i> pompa
h_t	<i>Head</i> turbin
L	Panjang pipa
Le	Panjang <i>entrance</i>
M	Bilangan <i>Mach</i>
p	Tekanan rata-rata
P	Tekanan operasi
Q	Debit aliran
Q_g	Laju alir gas
Q_l	Laju alir <i>liquid</i>
r	Koordinat radial
R	<i>Gas-liquid ratio</i>
Re	Bilangan Reynold
S_l	<i>Liquid specific gravity</i>
S_g	<i>Gas specific gravity</i>
t	Waktu
T	Temperatur operasi
u	Kecepatan pada jarak y dari dinding
v	Kecepatan aliran

v_r	Kecepatan radial
v_x	Kecepatan axial
v_z	Kecepatan putaran
V	Kecepatan rata-rata aliran
V_e	<i>Erosional velocity</i>
W	Laju total gas + <i>liquid</i>
y^+	<i>y plus</i>
y^*	<i>y star</i>
z	Elevasi
Z	<i>Gas compressibility factor</i>
γ	Berat jenis fluid
λ	<i>Flowing liquid volume fraction</i>
θ	Sudut elevasi
ρ	Massa jenis
ρ_m	Massa jenis campuran gas- <i>liquid</i>
τ	Tegangan geser
μ	Viskositas dinamik
μ_n	Viskositas dinamik campuran
μ_l	Viskositas <i>liquid</i>
μ_g	Viskositas gas
ΔP	<i>Pressure drop</i>
ΔP_z	<i>Pressure drop</i> pada pipa karena kenaikan elevasi
ΔZ_n	Kenaikan elevasi pada segmen “n”