

**SKRIPSI**  
**ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA**  
**DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT *ELBOW***  
**DAN DEBIT ALIRAN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:**  
**RIZKI AZHARIAJI**  
**03051381320032**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA  
DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT  
*ELBOW* DAN DEBIT ALIRAN**

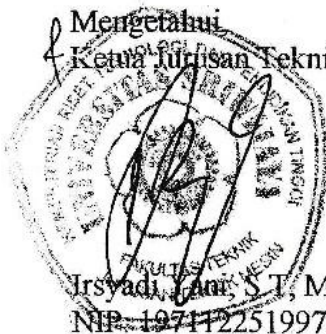
**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**RIZKI AZHARIAJI  
03051381320032**

**Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Irsyadi, Yoni S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP.197112251997021001**

**Palembang, Juli 2018  
Dosen Pembimbing,**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Marwani', written over a faint circular stamp.

**Ir. Hj. Marwani, M.T  
NIP.196503221991022001**



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

---

## SKRIPSI

Nama : RIZKI AZHARIAJI  
NIM : 03051381320032  
Jurusan : TEKNIK MESIN  
Bidang Studi : KONVERSI ENERGI  
Judul Skripsi : ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA  
DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT  
*ELBOW* DAN DEBIT ALIRAN  
Dibuat Tanggal : SEPTEMBER 2017  
Selesai Tanggal : JULI 2018

Mengetahui,



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yanti, ST, M.Eng, Ph.D  
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing,



Ir. Hj. Marwani, M.T.  
NIP. 196503221991022001



## HALAMAN PERSETUJUAN

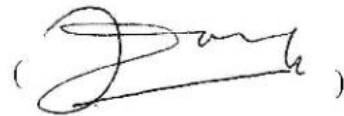
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "ANALISA HEAD LOSS ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT ELBOW DAN DEBIT ALIRAN" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Juli 2018.

Palembang, 26 Juli 2018.

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T  
NIP. 195908231989031001



Anggota:

2. Ir. Irwin Bizzy, N.T  
NIP. 196005281989031002
3. Ellyanie, S.T, M.T  
NIP. 196905011994122001



  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP. 197112251997021001

Palembang, Juli 2018  
Dosen Pembimbing,



Ir. Hj. Marwani, M.T  
NIP. 196503221991022001





## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

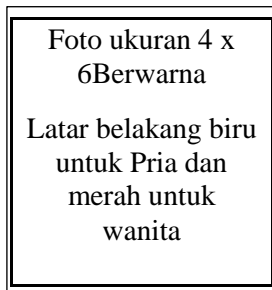
Nama: RIZKI AZHARIAJI

NIM : 03051381320032

Judul :ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI BENTUK *ELBOW* DAN DEBIT ALIRAN

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2018

Materai Rp.6000

Rizki Azhariaji



## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : RIZKI AZHARIAJI  
NIM : 03051381320032  
Judul : ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM  
PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT *ELBOW* DAN DEBIT  
ALIRAN

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Skripsi, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2018

Penulis

Rizki Azhariaji

NIM. 03051381320032



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini berjudul “ANALISA *HEADLOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT *ELBOW* DAN DEBIT ALIRAN”.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak bekerja sendiri, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang, secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya, sehingga dapat diselesaikannya skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung baik dalam hal materil maupun doa.
3. Ibu Ir. Hj. Marwani, M.T dan Bapak Ir. H. Zahri Kadir, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Amir Arifin, ST, M.Eng, Ph.D, selaku seketariat Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Hj. Astuti, S.T, M.T. yang merupakan dosen pembimbing akademik selama penulis menjalani perkuliahan.
7. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya dan staf pengajar yang telah membekali saya dengan ilmu yang berguna sebelum menyusun skripsi ini.
8. Kelompok skripsi Arril Patra, Mgs. Fikri, M. Roby S.
9. Mafia
10. Para kakak tingkat 2010, 2011, 2012 dan adik tingkat.

11. Pihak terkait lainnya yang membantu selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Palembang, Juli 2018

Penulis

Rizki Azhariaji

NIM.03051381320032

## RINGKASAN

### ANALISA *HEAD LOSS* ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT *ELBOW*, DAN DEBIT ALIRAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2018

Rizki Azhariaji : dibimbing oleh Ir. Hj. Marwani, M.T.

*Analysis of air Flow Head Loss in Pipes to Variation of Elbow Angle and Flow Discharge*

xiii + 42 halaman, 8 tabel, 13 gambar, 4 lampiran

Dalam pendistribusian fluida udara dari satu tempat ke tempat lain umumnya menggunakan saluran tertutup. Penelitian fenomena aliran udara pada suatu saluran udara tertutup menjadi sangat penting jika dikaitkan dengan nilai koefisien *minor loss* pada sistem saluran udara tertutup. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai *head loss* minor, koefisien *minor loss* dalam pipa dengan variasi sudut *elbow*  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $180^\circ$ , variasi  $r/D$  dan variasi debit aliran. Adapun data-data yang diperlukan adalah debit aliran, nilai pertambahan panjang manometer miring, dan temperatur udara dalam pipa dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan data. Pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk melihat adanya pengaruh variasi debit aliran terhadap *head loss minor*, dan pengaruh sudut *elbow* terhadap nilai koefisien *minor loss*. Pada pengujian debit aliran dengan *head loss*, nilai *head loss* eksperimental tertinggi pada sudut  $45^\circ$  berada pada  $r/D$  3,5 dengan debit aliran 140 L/min sebesar 0,001941 mOil. Sedangkan nilai *head loss* terendah terdapat pada  $r/D$  5,5 dengan debit aliran 60 L/min sebesar 0,000259 mOil. Pada sudut  $90^\circ$  nilai *head loss* tertinggi berada pada  $r/D$  3,5 dengan debit aliran 140 L/min sebesar 0,002717 mOil. Sedangkan nilai *head loss* terendah terdapat pada  $r/D$  5,5 dengan debit aliran 60 L/min sebesar 0,000388 mOil. Pada sudut  $180^\circ$  nilai *head loss* tertinggi terdapat pada  $r/D$  3,5 dengan debit aliran 140 L/min sebesar 0,00414 mOil. Sedangkan nilai *head loss* terkecil terdapat pada  $r/D$  5,5 dengan debit aliran 60 L/min sebesar 0,000518 mOil. Kemudian pada pengujian nilai K terhadap sudut *elbow* nilai K tertinggi terdapat pada sudut  $180^\circ$  dengan  $r/D$  3.5 sebesar 0,18401. Sedangkan nilai K terendah terdapat pada sudut  $45^\circ$  dengan  $r/D$  5,5 sebesar 0,0633.

**Kata Kunci** :  $r/D$ , *Elbow*, *Head loss minor*, Koefisien *minor loss*, Debit aliran

Kepustakaan : 12 (1982-2017)





## SUMMARY

### *ANALYSIS OF AIR FLUID FLOW HEAD LOSS IN PIPES TO VARIATION OF ELBOW ANGLE AND FLOW DISCHARGE*

Scientific Paper in the form of Skripsi, July 2018

Rizki Azhariaji; supervised by Ir.Hj. Marwani, M.T.

### *ANALISA HEADLOSS ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI BENTUK ELBOW DAN DEBIT ALIRAN*

xv + 42 pages, 8 tables, 13 pictures, 4 appendixs

In the air fluid distribution from one place to another generally use closed channel. Research the phenomenon of airflow in a closed air channel becomes very important when associated with the value of minor loss coefficient in closed airway system. This study aims to analyze the value of minor head loss, minor loss coefficient in the pipe with variation of elbow angle 45°, 90°, and 180°, variation of r/D and flow discharge variation. The data required is the flow discharge, value of incremented manometer length, and air temperature in the pipe by using a measuring instrument in accordance with the data. The test is displayed in graphical form to see the effect of flow discharge variation on minor head loss, and the influence of elbow angle to the value of minor loss coefficient. In the flow debit test with head loss, the highest experimental head loss value at the 45° angle is at r/D 3.5 with a flow rate of 140 L/min of 0.001941 mOil. While the lowest head loss value is at r/D 5.5 with flow discharge 60 L/min of 0.000259 mOil. At an angle of 90° the highest head loss value is at r/D 3.5 with a flow rate of 140 L/min of 0.002717 mOil. While the lowest head loss value is at r/D 5.5 with flow discharge 60 L/min of 0.000388 mOil. At an angle of 180° the highest head loss value is at r/D 3.5 with a flow rate of 140 L/min of 0.00414 mOil. While the smallest head loss value is at r/D 5.5 with flow discharge 60 L/min of 0.000518 mOil. Then on testing the value of K on the elbow angle the highest K value is at an angle 180o with r/D 3.5 of 0.18401. While the lowest K value is at 45o with r/D 5,5 of 0,0633.

**Keywords** : r/D, Elbow, Head loss minor, minor loss coefficient, flow discharge.

**Citations** : 12 (1982-2017)



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
SKRIPSI .....	v
HALAMAN PERSETUJUAN .....	vii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	ixi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN .....	xv
SUMMARY .....	xvii
DAFTAR ISI .....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
DAFTAR TABEL .....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Aliran Fluida .....	5
2.2 Daerah Masuk dan Berkembang Penuh.....	6
2.3 <i>Head Loss</i> .....	7
2.3.1 <i>Head Loss Major</i> .....	8
2.3.2 <i>Head Loss Minor</i> .....	10
2.3.2.1 <i>Elbow</i> .....	11
2.4 Manometer .....	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Metoda Penelitian .....	15
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	15
3.3 Skematik Alat Uji .....	16

3.4	Alat Ukur.....	19
3.5	Prosedur Pengujian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		21
4.1	Data Pengujian .....	21
4.1.1	Pengujian pada Perbandingan $r/D$ Setiap Sudut.....	21
4.2	Pengolahan Data.....	23
4.3	Pembahasan.....	27
4.3.1	$Q$ Vs <i>Head loss</i> .....	27
4.3.2	Nilai Koefisien Minor Vs Sudut Lengkung.....	30
4.3.3	<i>Head loss</i> vs Sudut <i>Elbow</i> .....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA .....		35
LAMPIRAN.....		37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah Masuk Aliran, Sedang Berkembang dan Aliran Berkembang Penuh di Dalam Pipa (Munson, 2002).....	6
Gambar 2.2 Diagram Moody untuk Menentukan Faktor Gesekan (White, 2011).	9
Gambar 2.3 Koefisien <i>Minor Loss</i> pada Belokan (Sularso, 2000) .....	12
Gambar 2.4 Manometer miring (Munson, 2002).....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3.2 Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 45° dengan Variasi $r/D$ .....	17
Gambar 3.3 Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 90° dengan Variasi $r/D$ .....	17
Gambar 3.4 Skema Alat Uji <i>Elbow</i> 45° dengan Variasi $r/D$ .....	18
Gambar 3.5 Perbandingan Jari-Jari Sudut Lengkung dan Diameter Pipa (white, 2011) .....	19
Gambar 4.1 Debit vs <i>Head Loss</i> pada <i>Elbow</i> 45° .....	27
Gambar 4.2 Debit vs <i>Head Loss</i> pada <i>Elbow</i> 90° .....	28
Gambar 4.3 Debit vs <i>Head Loss</i> pada <i>Elbow</i> 180° .....	29
Gambar 4.4 Pengaruh <i>Elbow</i> pada Nilai Koefisien <i>Minor Loss</i> (k) Setiap Variasi $r/D$ .....	30
Gambar 4.3 Pengaruh Sudut <i>Elbow</i> Terhadap <i>Head Loss</i> .....	31



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 kekasaran absolut beberapa permukaan material (Pritchard, 2011).	10
Tabel 2.2 Nilai koefisien <i>minor</i> (K) pada <i>elbow</i> (khamdani,2012) .....	11
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Perbandingan $r/D$ Untuk Sudut $45^\circ$ .....	21
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Perbandingan $r/D$ Untuk Sudut $90^\circ$ .....	22
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Perbandingan $r/D$ Untuk Sudut $180^\circ$ .....	22
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Untuk Sudut $45^\circ$ .....	25
Tabel 4.5 Hasil Pengolahan Data Untuk Sudut $90^\circ$ .....	26
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Untuk Sudut $180^\circ$ .....	26





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Umumnya distribusi fluida udara dari satu tempat ke tempat lain menggunakan saluran tertutup. Sebagai contoh distribusi udara menggunakan sistem saluran udara tertutup atau *ducting*. Salah satu hal yang mempengaruhi proses pendistribusian udara adalah adanya kerugian energi atau *head loss*.

*Head loss* dibagi menjadi 2 yaitu *head loss major* dan *head loss minor*. *Head loss minor* adalah kerugian yang terjadi karena adanya faktor kerugian aliran fluida pada sambungan pipa penampang. Sambungan yang dimaksud adalah seperti penambahan sambungan *bends*, *elbow*, *fitting*, dan perubahan luas penampang secara mendadak (Pritchard, 2011).

Parameter yang dibutuhkan adalah sudut *elbow* pipa ( $\theta$ ), diameter pipa (D), debit aliran (Q), beda ketinggian tekanan pada manometer ( $\Delta h$ ). Sehingga nantinya bisa mendapatkan nilai koefisien kerugian (K) untuk mengetahui kinerja dari sistem *ducting* yang dirancang.

Dalam penelitian (Zainudin, 2012) menyatakan bahwa pengujian *head loss* terbesar ditunjukkan oleh sudut *elbow*  $90^\circ$  yaitu 74,8 mm, sedangkan untuk sudut *elbow*  $45^\circ$  dan  $60^\circ$  nilai *head losses* sebesar 73,74 mm dan 73,88 mm dan nilai *head losses* terkecil adalah 73,23 mm pada sudut patah  $30^\circ$ .

(Helmizar, 2011) menyatakan dalam penelitiannya bahwa *head loss* yang terjadi pada *elbow*  $90^\circ$  dengan  $r/D$  4,199 lebih kecil daripada pipa *elbow*  $90^\circ$  dengan  $r/D$  6,299. Hal ini diakibatkan oleh sambungan *elbow*  $90^\circ$  dengan  $r/D$  6,299 memiliki panjang daerah belokan yang lebih besar dari sambungan *elbow*  $90^\circ$  dengan  $r/D$  4,199.

Pada penelitian ini dilakukan kajian eksperimental untuk mengetahui kerugian dari beberapa bentuk sudut patah dan perbandingan radius sudut patah dan diameter dalam pipa yaitu dengan membuat grafik perbandingan koefisien

minor akibat bentuk sudut patah terhadap laju aliran tersebut. Untuk itu judul skripsi ini adalah **ANALISA HEAD LOSS ALIRAN FLUIDA UDARA DALAM PIPA TERHADAP VARIASI SUDUT ELBOW DAN DEBIT ALIRAN.**

## 1.2 Rumusan Masalah

Seiring berkembangnya teknologi alternatif pada zaman sekarang sehingga alat pendistribusian udara yang hemat energi dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan sekarang ini, salah satu penerapan alternatif alat Pengkondisian udara. Dalam penerapannya, beberapa kendala yang ditemui adalah bagaimana mendapatkan efektivitas dan kondisi udara keluaran dengan prinsip kerja *ducting* dengan penambahan variasi bentuk sudut patah yang memenuhi kebutuhan pengkondisian udara dengan melakukan pengaturan terhadap debit aliran. Maka masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dari variasi perbandingan  $r/D$  pipa dan variasi debit aliran menggunakan prinsip kerja pada alat pendistribusian udara.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam menganalisa penelitian ini, antara lain adalah:

1. Pengujian dilakukan dengan mevariasikan *elbow* sebesar  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , dan variasi perbandingan radius sudut lengkung dengan diameter ( $r/D$ ) pipa yang dibatasi dalam 5 variasi debit aliran.
2. Fluida yang digunakan adalah udara atmosfer.
3. Hanya mengamati *head loss* pada sisi masuk dan sisi keluar *elbow* menggunakan manometer.

4. Pengujian dilakukan dengan keadaan stedi dan temperatur udara lingkungan.
5. Tidak membahas dalam penentuan karakteristik dari kompresor terhadap parameter fluida yang digunakan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis *head loss* yang dihasilkan oleh *elbow* berdasarkan variasi perbandingan radius sudut lengkung dengan diameter pipa ( $r/D$ ) dan debit aliran.
2. Menganalisis nilai koefisien minor ( $K$ ) yang terjadi pada setiap variasi sudut *elbow*, variasi perbandingan  $r/D$ .

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan adalah sebagai referensi dan acuan penggunaan sistem saluran udara tertutup pada alat pendistribusian udara.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arifianto, Beta. 2017. Analisis *Head loss* Sambungan *Elbow 90°* Tipe Ekspansi pada Penyuplaian Udara untuk Proses Pembakaran. Indonesia.
- Gunawan, Y., Hasbi, M., dan Jaya M.S. 2017. ‘Analisa Distribusi Tekanan Udara yang Melewati *Elbow 90°*. Universitas Helu Oleo.
- Helmizar. 2011. Studi Eksperimental Tentang *Head Loss* Pada Aliran Fluida Yang Melalui *Elbow 90°*. Jurnal ilmiah teknik mesin
- Hudaya, Arif. 2012. Karakteristik Bentuk Penampang Pipa Kotak Terhadap Koefisien Gesek Aliran Air.
- Khamdani, Fatih. 2012. Studi Eksperimental Aliran Campuran *Air-CrudeOil* yang Melalui Pipa Pengecilan dan Pembesaran Mendadak Horizontal Berpenampang Lingkaran.
- Munson, Bruce.R, Young, Donald.F. 2002 *Fundamentals of Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons.
- Negara, Wendy Priana. 2007. ‘Perbandingan Analisis *Pressure Drop* Pada Pipa Lengkung  $90^\circ$ ’, Universitas Gunadarma.
- Pritchard, Phillip J. 2011. Fox and McDonald’s Intoduction To Fluid Mechanics 8<sup>th</sup> edition. *Manhatan Collage*. USA.
- Stoecker, Wilbert F. Jones, Jerold W. 1982. Refrigerasi dan pengkondisian udara edisi kedua. Erlangga.
- Sularso . 2000. Pompa & Kompresor. Pradnya Pramita.
- White, F. M. 2011 *Fluid Mechanics*, Mc Graw Hill.
- Zainudin, Sayoga, I Made Adi, Nuarsa, I Made. 2012. Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Terhadap *Head Loss* Aliran Pipa.