

**TUGAS SARJANA  
BIDANG KONVERSI ENERGI**

**KAJI EKSPERIMENTAL RUGI TEKAN (*HEAD LOSS*)  
DAN FAKTOR GESEKAN YANG TERJADI PADA  
PIPA LURUS DAN BELOKAN PIPA (*BEND*)**



**Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)  
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro**

**Disusun oleh:**

**BAGUS SHELLAN AFFAN**

**L2E 307 010**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

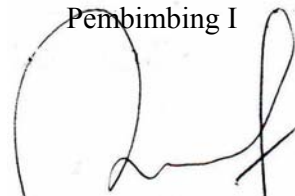
**2010**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Bagus Shellan Affan  
NIM : L2E 307 010
- Dosen Pembimbing : 1. Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK
- Jangka Waktu : 12 (duabelas) bulan
- Judul : *KAJI EKSPERIMENTAL RUGI TEKAN (HEAD LOSS) DAN FAKTOR GESEKAN YANG TERJADI PADA PIPA LURUS DAN BELOKAN PIPA (BEND)*
- Isi Tugas : - Mengetahui kerugian tekan yang terjadi di pipa lurus dan belokan pipa (*bend*) pada alat uji *H16 Losses in Piping System*.  
- Mengetahui proses – proses dasar yang terlibat di dalam aliran sistem perpipaan alat uji.  
- Mengetahui berbagai macam faktor yang mempengaruhi kerugian – kerugian (*Losses*) yang terjadi pada sistem perpipaan.

Semarang, 2010

Menyetujui,  
Pembimbing I



Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK  
NIP. 19590722 198703 1003

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Sarjana dengan judul “Kaji Eksperimental Rugi Tekan (*Head Loss*) dan Faktor Gesekan yang Terjadi Pada Pipa Lurus dan Belokan Pipa (*Bend*)” telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : .....

Tanggal : .....

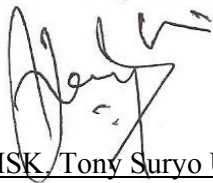
Menyetujui,  
Pembimbing I



Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK  
NIP. 195.907 211 987 031 003

Mengetahui,

Koordinator Tugas Sarjana



Dr. MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT  
NIP. 197 104 211 999 031 003

Pembantu Dekan I



Ir. Bambang Pudjianto, MT  
NIP. 195 212 051 985 031 001

## ABSTRAK

Kerugian tekan adalah salah satu kerugian yang tidak dapat dihindari pada suatu aliran fluida yang berupa berkurangnya tekanan pada suatu aliran, sehingga menyebabkan kecepatan aliran mengecil. Salah satu kerugian yang sering terjadi dan tidak dapat diabaikan pada aliran air yang menggunakan pipa adalah kerugian tekan akibat gesekan dan perubahan penampang atau pada belokan pipa yang mengganggu aliran normal. Hal ini menyebabkan aliran air semakin lemah dan mengecil. Penelitian ini bertujuan mengetahui kerugian tekan (*head loss*) serta faktor gesekan yang terjadi pada pipa lurus dan koefisien *losses* yang terjadi pada belokan pipa (*bend*) dengan menggunakan alat uji *H16 Losses in Piping System* di Laboratorium Termofluida Teknik Mesin UNDIP. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah besar kerugian tekan pada pipa lurus dan berbagai macam variasi belokan pipa (*bend*) dengan delapan variasi kecepatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimen laboratorium. Variabel bebasnya adalah panjang pipa lurus, variasi belokan pipa 90° dan variasi kecepatan aliran, sedangkan variabel terikatnya adalah kerugian tekan. Pada hasil analisis dapat dilihat bahwa kerugian tekan rata – rata terbesar dialami oleh belokan pipa siku 90° (*mitre*) sebesar 0,281 m, sedangkan kerugian tekan rata – rata terkecil dialami oleh pipa lurus sebesar 0,178 m. Dari hasil analisis yang diperjelas dengan tampilan grafik menunjukkan bahwa faktor gesekan untuk pipa uji (*copper tube*) lebih besar dibandingkan dengan faktor gesekan pipa halus (*Blasius*). Sedangkan koefisien kerugian minor rata – rata terbesar dialami oleh belokan pipa siku 90° (*mitre*) sebesar 5,85 dan koefisien kerugian minor terkecil dialami oleh belokan pipa radius 90° ( $r = 100\text{mm}$ ) sebesar 4,249.

Kata kunci : kerugian tekan, faktor gesekan, bilangan Reynold, kekasaran relatif, koefisien kerugian minor

## **ABSTRACT**

*Head loss is one of disturbance or obstacle that cannot be avoided in water flow, which cause in decreasing of its flow. The disturbance or obstacle that often occurs and interrupts the normal flow in the flow in pipe is the head loss caused by a friction and abrupt changes in area and bend. It makes the water flow weaker and less. This research aims to identify the head loss, friction factors in straight pipe and losses coefficient in bend by using apparatus H16 Losses in Piping System at UNDIP Mechanical Engineering Thermofluid Laboratory. This research deals with the amount of head loss in straight pipe and various kinds of bends with eight variations of speed. This research used a laboratory experimental method. The independent variables are the length of the straight pipe, bend variation  $90^{\circ}$  pipe and flow velocity variation. The dependent variable is head loss. The result of the analysis that the biggest range of head loss in the  $90^{\circ}$  pipe (mitre) is 0,281 m, while the smallest range of head loss occurred in the straight pipe is 0,178 m. The result of the analysis is emphasized by the graphic showing that the friction factor for testing pipe (copper tube) is bigger than friction factor of smooth pipe (Blasius), while for the relative roughness value  $((\epsilon/D))$ , the bigger velocity and Reynold number, the friction factor tends to be constant. Whereas the biggest range of minor coefficient loss occurred on the mitre bend is 5,85 and the smallest range of minor coefficient loss occurred on the bend of  $90^{\circ}$  radius pipe is 4,249.*

*Keyword : head loss, friction factor, Reynolds number, relative roughness, loss coefficient*

## MOTTO

*Sesungguhnya, Aku mengingatkan kepadamu supaya kamu tidak termasuk orang-orang yang tidak berpengetahuan.*  
(QS Hud : 46)

*Tak ada rahasia untuk menggapai sukses. Sukses itu dapat terjadi karena persiapan, kerja keras, dan mau belajar dari kegagalan.*  
(General Colin Powell)

## PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan Tugas Sarjana ini kepada Ibu,  
Bapak, dan Adikku yang tercinta...  
Untuk Devika yang setia menunggu kehadiranku...  
Teman Teknik Mesin Angkatan 2007 UNDIP...*

*Terima kasih atas berbagai dukungan dan doa yang telah diberikan...*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “*KAJI EKSPERIMENTAL RUGI TEKAN (HEAD LOSS) DAN FAKTOR GESEKAN YANG TERJADI DI PIPA LURUS DAN BELOKAN PIPA (BEND)*”. 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.Ir.Dipl.Ing. Berkah Fajar T K, selaku Dosen Pembimbing dan selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT, selaku Koordinator Tugas Akhir.
2. Kedua Orang tua dan Adik atas doa, bantuan serta dorongannya selama ini.
3. Rekan-rekan satu kelompok Tugas Sarjana *Lab. Thermofluida*.
4. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2007 yang telah banyak membantu penulis baik secara moril, maupun materiil.

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.

Terima kasih.

Semarang, 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
TUGAS SARJANA .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAKSI .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II DASAR TEORI .....	4
2.1 Sifat – sifat Fluida .....	4
2.1.1 Massa Jenis, Berat Jenis dan Rapat Relatif .....	4
2.1.2 Kekentalan Fluida ( <i>viscosity of a fluid</i> ) .....	5
2.1.3 Kemampatan ( <i>compressibility</i> ) .....	6
2.1.4 Hukum <i>Bernoulli</i> .....	7
2.2 Aliran Zat Cair .....	8
2.2.1 Aliran Invisid dan Viskos .....	8
2.2.2 Aliran Kompresibel dan Tak Kompresibel .....	9
2.2.3 Aliran Laminar, Transisi dan Turbulen .....	9

2.2.4	Aliran Mantap dan Aliran Tak Mantap .....	10
2.2.5	Aliran Seragam dan Tak seragam .....	11
2.2.6	Daerah Masuk dan Aliran Berkembang Penuh .....	12
2.3	Persamaan Kontinuitas .....	13
2.4	Kerugian Tekan ( <i>Head Loss</i> ) .....	14
2.4.1	Kerugian Tekan Mayor ( <i>Head Loss Mayor</i> ) .....	14
2.4.2	Kerugian Tekan Minor ( <i>Head Loss Minor</i> ) .....	15
2.5	Kekasaran Pada Permukaan Pipa .....	17
2.6	Pipa Halus .....	18
2.7	Manometer Diferensial .....	18
BAB III PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA .....		20
3.1	Diskripsi Alat Uji .....	20
3.1.1	Tangki Penampung ( <i>Hydraulic Bench</i> ) .....	21
3.1.2	Spesifikasi Alat Uji .....	23
3.2	Pengujian .....	26
3.3	Prosedur Pengujian .....	26
BAB IV HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN .....		28
4.1	Data Hasil Eksperimental .....	28
4.2	Analisa Perhitungan Pipa Lurus .....	30
4.3	Hasil Perhitungan Pada Pipa Lurus .....	33
4.4	Analisa Perhitungan Pada <i>Bend</i> .....	35
4.4.1	Perhitungan Untuk Pipa Belokan Siku 90° ( <i>Mitre</i> ) .....	38
4.4.2	Perhitungan untuk Proprietary elbow 90° .....	38
4.4.3	Perhitungan untuk <i>Long radius</i> ( $r = 50\text{ mm}$ ) .....	39
4.4.4	Perhitungan untuk <i>Long radius</i> ( $r = 100\text{ mm}$ ) .....	39
4.4.5	Perhitungan untuk <i>Long radius</i> ( $r = 150\text{ mm}$ ) .....	39
4.5	Hasil Perhitungan Pada Belokan Pipa ( <i>bend</i> ) .....	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Air (viskositas kinematik) Pada Tekanan Atmosfer.....	6
Tabel 3.1	Spesifikasi Dasar Alat Uji.....	23
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>Bend Radius</i> .....	24
Tabel 3.4	Identifikasi Manometer Tube dan Komponen .....	25
Tabel 4.1	Variasi Volume Air Mengalir Terhadap Waktu .....	28
Tabel 4.2	Hasil Eksperimen Pipa Lurus ( <i>Straight Pipe</i> ).....	29
Tabel 4.3	Data Hasil Perhitungan Pipa Lurus.....	33
Tabel 4.4	Data Awal Dari Belokan Pipa ( <i>Bend</i> ).....	35
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Koefisien Loss pada belokan pipa.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	a) Molekul Zat Cair ( <i>liquid</i> ) dan b) Molekul Zat Gas.....	4
Gambar 2.2	a) Aliran Laminar, b) Aliran Turbulen, c) Aliran Transisi .....	9
Gambar 2.3	Profil Kecepatan Aliran Berkembang dan .....	12
	Distribusi Tekanan Pada Pipa Horizontal	
Gambar 2.4	Aliran Yang Melalui <i>Stream Tube</i> .....	13
Gambar 2.5	Garis Tekanan Pada Zat Cair Ideal .....	15
Gambar 2.6	(a) Pipa Dengan Radius Belokan $90^\circ$ .....	16
	(b) Pipa Dengan Sambungan Siku ( <i>Mitre</i> )	
Gambar 2.7	Skema Alat Ukur Manometer dua <i>Piezometer tubes</i> .....	19
Gambar 3.1	Alat Uji <i>H16 Losses in Piping</i> .....	20
Gambar 3.2	Skema Alat Uji <i>H16 Losses in Piping</i> .....	21
Gambar 3.3	<i>H1D Volumetric Hydraulic Bench</i> .....	22
Gambar 3.4	Penunjukkan Tabung <i>Piezometer</i> Pada Alat Uji.....	24
Gambar 3.5	a) Thermometer dan b) Stopwatch .....	25
Gambar 4.1	Pipa Lurus Pada Alat Uji .....	29
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan <i>Head Loss</i> dengan Debit.....	32
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Fungsi Faktor Gesekan ( $f$ ) dengan <i>Re</i> .....	33
Gambar 4.4	Perbandingan Nilai Kekasaran Alat Uji dengan Diagram <i>Moody</i> .....	34
Gambar 4.5	Posisi <i>Bend</i> pada Alat Uji <i>H16 Losses in Piping System</i> .....	36
Gambar 4.6	Belokan Pipa siku $90^\circ$ ( <i>mitre bend</i> ) .....	36
Gambar 4.7	Belokan pipa $90^\circ$ Biasa .....	37
Gambar 4.8	Pipa Radius Panjang $90^\circ$ ( <i>long radius 50mm</i> ).....	37
Gambar 4.9	Pipa Radius Panjang $90^\circ$ ( <i>long radius 100mm</i> ).....	37
Gambar 4.10	Pipa Radius Panjang $90^\circ$ ( <i>long radius 150mm</i> ).....	38
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan <i>Re</i> dengan K Untuk Lima Tipe Elbow .....	40

## NOMENKLATUR

$A$	luas penampang,	[ m <sup>2</sup> ]
$d$	diameter dalam,	[mm]
$E_v$	modulus elastisitas,	[N/m]
$f$	faktor gesekan	
$g$	percepatan gravitasi,	[m/s <sup>2</sup> ]
$H_L$	<i>head loss</i> ,	[m]
$K$	koefisien kerugian minor	
$L$	panjang pipa lurus,	[m]
$m$	massa,	[kg]
$\dot{m}$	laju aliran massa,	[kg/s]
$P$	tekanan,	[N/m <sup>2</sup> ]
$Q$	laju aliran volume,	[kg/m <sup>3</sup> ]
$Re$	bilangan <i>reynolds</i>	
$SG$	rapat relatif,	
$T$	temperatur,	[°C]
$V$	kecepatan,	[m/s]
$x$	jarak ketinggian <i>piezometer</i> ,	[m]
$z$	jarak ketinggian datum,	[m]
$\varepsilon$	kekasaran absolut,	[mm]
$\varepsilon/d$	kekasaran relatif	
$\rho$	massa jenis,	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\nu$	kekentalan kinematik,	[m <sup>2</sup> /s]
$\mu$	kekentalan dinamik,	[N.s/m <sup>2</sup> ]
$\gamma$	berat jenis,	[N/m <sup>3</sup> ]

