



**ANALISIS PENURUNAN *HEAD LOSSES* PADA SIMPUL PIPA *EXPANSION*  
*LOOPS* VERTIKAL DENGAN VARIASI TINGGI DAN LEBAR SIMPUL**

**SKRIPSI**

Oleh

**BAGUS KRIDA PRATAMA MAHARDIKA  
NIM 101910101033**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**ANALISIS PENURUNAN *HEAD LOSSES* PADA SIMPUL PIPA *EXPANSION*  
*LOOPS* VERTIKAL DENGAN VARIASI TINGGI DAN LEBAR SIMPUL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**BAGUS KRIDA PRATAMA MAHARDIKA  
NIM 101910101033**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan menyebut nama Allah SWT Tuhan semesta alam, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibu dan ayah tercinta Lamiatun dan Gatot Surino yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, membimbing, mengajari, kasih sayang, dan pengorbanan yang tidak kenal serta doa yang tiada hentinya tercurahkan dengan penuh keikhlasan hati.
2. Adikku yang tercinta Bunga Friderilla yang senantiasa memberikan semangat dan dukungannya. Saya ucapkan terima kasih serta sukses selalu.
3. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Ir. Digdo Listyadi S, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. dan Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Semua guru mulai dari guru TK, SD, SMP, maupun SMK yang tidak kenal lelah menularkan ilmunya, membimbing serta memberikan arahan yang terbaik hingga saya ke jenjang perguruan tinggi.
5. Teman-temanku yang telah membantu penelitian ini terselesaikan yaitu Eko Widodo, Hasby Robullah, Gatut Sasmita, Woro Sekarsari, Mega afrydiana, Dani Anggraita Sari, Lukman Hakim, Bisatya Irsan, Mohammad Tantowi, dan adik-adik angkatanku tercinta (Alif Puspita, Anisatul Maghfiroh, Binar Arum, Imam Tarnando, Idham, Nanda Khoirul, Rizky Dwi, Agus, Wirafadil, Imam

Sya'roni, Prasetya Eka) saya ucapkan terima kasih banyak dan semoga kebaikan kalian akan dibalas dengan kebaikan pula oleh-Nya. Serta teman-teman Mech-X yang tidak disebutkan satu-persatu namanya, saya ucapkan terima kasih atas dukungannya, kekompakannya, sehingga kita menjadi keluarga hingga saat ini dan sampai akhir hayat (Salam *Solidarity Forever*) dan Mech-X tetap C U K.

## **MOTTO**

*There's a will theirs is away*

*Dimana ada kemauan disitu ada jalan oleh karena itu*

*kejarlah mimpi-mimpimu*

*(one of the founding schools of Hillfield Strathallan College)*

*Barangsiapa yang tidak pernah melakukan kesalahan, maka dia tidak pernah*

*mencoba sesuatu yang baru*

*(Albert Einstein)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagus Krida Pratama Mahardika

NIM : 101910101033

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Analisis Penurunan *Head Losses* pada Simpul Pipa *Expansion loops* Vertikal dengan Variasi Tinggi dan Lebar Simpul” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juni 2014

Yang menyatakan,

Bagus Krida Pratama Mahardika

NIM 101910101033

**ANALISIS PENURUNAN *HEAD LOSSES* PADA SIMPUL PIPA *EXPANSION*  
*LOOPS* VERTIKAL DENGAN VARIASI TINGGI DAN LEBAR SIMPUL**

**SKRIPSI**

Oleh

**BAGUS KRIDA PRATAMA MAHARDIKA**  
NIM 101910101033

Dosen Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
Dosen Pembimbing Anggota : Andi Sanata, S.T., M.T

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Analisis Penurunan *Head Losses* pada Simpul Pipa *Expansion Loops* Vertikal dengan Variasi Tinggi dan Lebar Simpul” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Senin, 30 Juni 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP 19680617 199501 1 001

Andi Sanata, S.T., M.T.  
NIP 19750502 200112 1 001

Anggota I

Anggota II

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP 19681207 199512 1 002

Hari Arbiantara, S.T., M.T.  
NIP 19670924 199412 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001



## RINGKASAN

**Analisis Penurunan *Head Losses* pada Simpul Pipa *Expansion Loops* Vertikal dengan Variasi Tinggi dan Lebar Simpul;** Bagus Krida Pratama Mahardika, 101910101033; 2014: 95 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sistem perpipaan adalah suatu alat yang banyak digunakan pelaku industri pada saat ini bahkan disetiap rumah menggunakan instalasi perpipaan. Sistem perpipaan adalah suatu alat berupa rangkaian pipa yang dirancang sedemikian rupa digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lainnya yang digunakan untuk kebutuhan industri. Dari banyaknya pemakaian sistem perpipaan serta banyaknya sambungan yang digunakan misalnya katup atau kran, penampang berubah, belokan  $90^{\circ}$ , dan belokan  $180^{\circ}$  sehingga timbul suatu permasalahan. Salah satu permasalahan tersebut adalah terjadinya *head losses* pada simpul pipa *expansion loops* yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*). Dari permasalahan tersebut perlu diketahui nilai *head losses* yang terjadi sebagai referensi penggunaan simpul pipa *expansion loops* yang akan digunakan. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui variasi simpul pipa *expansion loops* terhadap: 1) penurunan nilai tekanan setelah simpul pipa *expansion loops*, 2) penurunan nilai *head losses* setelah simpul pipa *expansion loops*, 3) mengetahui hubungan antara nilai *head losses* dan variasi kecepatan.

Penelitian ini dilaksanakan dalam 9 tahap pengujian yaitu pengujian pada simpul pipa *expansion loops* vertikal variasi 1H 1W, variasi simpul 1H 2W, variasi simpul 1H 3W, variasi simpul 2H 1W, variasi simpul 2H 2W, variasi simpul 2H 3W, variasi simpul 3H 1W, variasi simpul 3H 2W, dan variasi simpul 3H 3W. Setiap pengujian dilakukan 3 variasi kecepatan aliran yang nilainya diatur dengan menggunakan regulator kecepatan pada blower. Pada setiap pengujian dilakukan

pengulangan sebanyak 3 kali yang kemudian nilainya diambil rata-ratanya.

Dari hasil penelitian ini didapat bahwa pengaruh variasi simpul pipa *expansion loops* vertikal dengan variasi tinggi dan lebar simpul akan mempengaruhi kecepatan, tekanan, dan *head losses minor*. Kecepatan fluida pada setiap titik pengukuran mengalami fluktuasi yang bervariasi dan cenderung mengalami penurunan kecepatan bergantung pada variasi simpul pipa *expansion loops* yang digunakan. Tekanan yang dihasilkan variasi simpul pipa *expansion loops* cenderung mengalami penurunan. Dan *head losses minor* dari simpul pipa *expansion loops* mengalami peningkatan bergantung pada variasi simpul pipa *expansion loops* dan variasi kecepatan. Nilai penurunan *head losses* paling tinggi terjadi pada variasi simpul pipa *expansion loop* 3H 3W dengan nilai *head losses* terendah adalah 2,987 m pada kecepatan fluida 9,269 m/s dan nilai *head losses* tertinggi adalah 9,559 m pada kecepatan 16,581 m/s serta tekanan keluar 19,53 N/m<sup>2</sup>. nilai penurunan *head losses* paling rendah terjadi pada simpul pipa *expansion loop* 2H 2W dengan nilai *head losses* terendah adalah 1,792 m pada kecepatan 7,18 m/s dan nilai *head losses* tertinggi adalah 8,962 m pada kecepatan 16,054 m/s serta tekanan keluar 58,591 N/m<sup>2</sup>. Pada pembahasan variasi simpul pipa *expansion loops* ini jika dilihat dari variasi kecepatan kemampuan maksimal blower maka yang memiliki nilai *head losses minor* paling rendah adalah pada variasi simpul pipa *expansion loop* 2H 1W dengan nilai *head losses* 8,066 m pada kecepatan 15,23 m/s dan tekanan keluar 63,473 N/m<sup>2</sup>.

## SUMMARY

**Analysis of Head Losses in Pipe Expansion Loops Vertical with Variations Height and Width Loops;** Bagus Krida Pratama Mahardika, 101910101033; 2014: 95 pages; Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Jember University.

Piping system is a tool that mostly used in the industry today even every home using a piping installation. Piping system is a tool a series of pipes that are designed in such a way used to move fluids from one place to another which used to the needs of industry. Use of the many piping system and the number of connections that are used, for example the valve, reducer, elbow  $90^{\circ}$  and  $180^{\circ}$  causing a problem. One of these problems is the head losses in the pipe expansion loops that causes a pressure drop. Of these problems need to know value of head losses that happened as an reference uses pipe expansion loops that will be used. The purpose of research to find out variation of the pipe expansion loops on: 1) reduction in value the pressure after the pipe expansion loops, 2) reduction in value head losses after the pipe expansion loops, 3) find out the correlation between the value of head losses and variable speed.

This research is executed in 9 stages of testing that testing the pipe expansion loops vertical variation 1W 1H, variation 1H 2W, variation 1H 3W, variation 2H 1W, variation 2W 2H, variation 2W 3H, variation 3H 1W, variation 3H 2W, and variation 3H 3W. Every test do three variations of flow velocity whose value set by using the blower speed regulator. On every test be repeated 3 times and then the average value is taken.

From the results of this research found that effect of variations in the vertical pipe expansion loops with height and width variations loops will be affects the speed of, pressure, and head losses minor. Fluid velocity at any measurement point fluctuated

varied and tendency to decrease velocity dependent on the variation of pipe expansion loops which used. Generated pressure variations pipe expansion loops tendency to decrease. And minor head losses of the pipe expansion loops to be increase dependent on the variation of pipe expansion loops and variations speed. Value reduction of the highest head losses occur in variation pipe expansion loop 3H 3W with the lowest value head losses is 2,987 m on the fluid velocity 9.269 m/s and the highest value head losses is 9.559 m at a speed of 16.581 m/s and pressure out 19.53 N/m<sup>2</sup>. Reduction in value the low head losses occur in variation pipe expansion loop 2H 2W with the lowest value head losses is 1,792 m at a speed of 7.18 m/s and the highest value head losses is 8.962 m at a speed of 16.054 m/s and pressure out 58.591 N/m<sup>2</sup>. In the discussion the variation pipe expansion loop is when viewed from the variation of the speed that maximum blower capacity which has the lowest minor head losses is the variation pipe expansion loop 2H 1W value head losses of 8.066 m at a speed of 15.23 m/s and pressure out 63.473 N/m<sup>2</sup>.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Penurunan *Head Losses* pada Simpul Pipa *Expansion Loops* Vertikal dengan Variasi Tinggi dan Lebar Simpul”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu dan bapak yang senantiasa memberikan doa dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. dan Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Guru-guru mulai dari TK sampai dengan SMK yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya.
5. Adikku yang tercinta yang selalu memberikan dorongan dan semangat sehingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Semua keluargaku yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga kelancaran yang tercipta memberikan dampak yang positif terhadap proses penyelesaian skripsi ini
7. Teman-temanku Mech-X seperjuangan, salam “*Solidarity forever*”

8. Adik-adik angkatanku tercinta yang telah banyak membantu dan memotifasi agar terselesaikannya skripsi ini.
9. Mbak Halimah selaku staf administrasi Jurusan Teknik Mesin, terima kasih atas bantuannya selama ini.
10. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember
11. Serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam menyusun skripsi ini masih banyak kekurangan, penulis menampung segala saran dan kritik pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, 30 Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xxii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian</b> .....	3
1.4.1 Tujuan.....	3
1.4.2 Manfaat.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1. Aliran Fluida</b> .....	5
2.1.1 Sifat Aliran Fluida.....	6
2.1.2 Aliran Dalam Tabung.....	10
2.1.3 Jenis dan Karakteristik Fluida.....	14
2.1.4 Tabung Pitot (Pitot Tube).....	17

<b>2.2. Sistem Perpipaan .....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Hukum Newton tentang Kekekalan .....	20
2.2.2 Hukum Tekanan Gesek .....	21
<b>2.3. Daerah Masuk dan Aliran Berkembang Penuh.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. Kehilangan Energi (<i>Head Losses</i>).....</b>	<b>24</b>
2.4.1 <i>Head Losses Mayor</i> .....	24
2.4.2 <i>Head Losses Minor</i> .....	25
<b>2.5. Pipa <i>Expansion Loops</i> .....</b>	<b>26</b>
<b>2.6. Fan dan Blower .....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. Hipotesis Penelitian.....</b>	<b>33</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Metode Penelitian .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>35</b>
3.3.1 Alat.....	35
3.3.2 Bahan .....	36
<b>3.4 Variabel Penelitian.....</b>	<b>36</b>
3.4.1 Variabel Terikat .....	36
3.4.2 Variabel Bebas .....	37
<b>3.5 Prosedur Pengujian .....</b>	<b>38</b>
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian .....	38
3.5.2 Tahapan Penelitian .....	38
3.5.3 Pengolahan Data .....	43
<b>3.6 Skema Pengujian.....</b>	<b>44</b>
<b>3.7 Diagram Alir Penelitian.....</b>	<b>45</b>
<b>3.8 Jadwal Rencana Penelitian .....</b>	<b>46</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....</b>	<b>52</b>



4.2.1 Pembahasan Variasi Simpul 1H 1W, 2H 1W, 3H 1W .....	52
4.2.2 Pembahasan Variasi Simpul 1H 1W, 1H 2W, 1H 3W .....	55
4.2.3 Pembahasan Variasi Simpul 2H 1W, 2H 2W, 2H 3W .....	58
4.2.4 Pembahasan Variasi Simpul 3H 1W, 3H 2W, 3H 3W .....	62
4.2.5 Pembahasan Variasi Simpul 1H 1W, 2H 2W, 3H 3W .....	65
4.2.6 Pembahasan Variasi Simpul Pipa <i>Expansion Loops</i> .....	69
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	71
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	71
<b>5.2 Saran</b> .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	73
<b>LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN</b> .....	75
<b>LAMPIRAN 2 TABEL</b> .....	79
<b>LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI</b> .....	88

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat udara viskositas pada tekanan atmosfer .....	20
3.1 Tabel pengambilan data .....	39
3.2 Jadwal Rencana Penelitian.....	46
4.1 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 1W .....	47
4.2 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 2W .....	48
4.3 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 3W .....	48
4.4 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 1W .....	49
4.5 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 2W .....	49
4.6 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 3W .....	50
4.7 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 1W .....	50
4.8 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 2W .....	51
4.9 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 3W .....	51
L1.1 Hasil pengujian pada variasi simpul pipa 1H 1W .....	75
L2.1 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 1W .....	79
L2.2 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 2W .....	79
L2.3 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 3W .....	80
L2.4 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 1W .....	80
L2.5 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 2W .....	81
L2.6 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 3W .....	81
L2.7 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 1W .....	82
L2.8 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 2W .....	82
L2.9 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 3W .....	83
L2.10 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 1W .....	83

L2.11 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 2W .....	84
L2.12 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 3W .....	84
L2.13 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 1W .....	85
L2.14 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 2W .....	85
L2.15 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 3W .....	86
L2.16 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 1W .....	86
L2.17 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 2W .....	87
L2.18 Hasil penelitian dari simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 3W .....	87

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Tekanan adalah sama di setiap arah dalam suatu fluida pada kedalaman tertentu jika tidak demikian maka fluida akan bergerak .....	8
2.2 Tegangan geser dan tegangan geser kontinum dalam fluida .....	9
2.3 Penentuan Kekentalan.....	9
2.4 Tabung aliran membuktikan persamaan kontinuitas.....	11
2.5 Tabung aliran fluida .....	13
2.6 Proses berkembangnya aliran di atas plat .....	15
2.7 Perilaku aliran dalam pipa.....	16
2.8 Perbedaan antara aliran laminar, transisi, dan trubulen .....	16
2.9 Bentuk dan penempatan tabung Pitot dan Manometer U.....	18
2.10 Definisi tegangan geser .....	21
2.11 Grafik <i>head losses</i> – kecepatan .....	22
2.12 Daerah masuk aliran sedang berkembang dan aliran berkembang penuh pada system pipa. ....	23
2.13 Efek bilangan <i>Reynolds</i> terhadap koefisien kerugian pada <i>elbow 90<sup>0</sup></i> .....	26
2.14 Simpul pipa <i>expansion loops</i> .....	27
2.15 Pipa loop simpul simetris .....	28
2.16 Pipa loop simpul tidak simetris .....	28
2.17 Desain loop dengan menggunakan diagram M. W. Kellogg .....	29
2.18 Nomograf untuk menentukan ukuran loop .....	30
2.19. Forward Curved Blade .....	32
2.20. Backward Curved Blade .....	33
3.1 Skema variasi pengujian .....	36
3.2 Skema alat uji .....	44

3.3 Diagram alir penelitian.....	45
4.1 Grafik kecepatan fluida udara variasi 1H 1W, 2H 1W, dan 3H 1W pada setiap titik pengukuran .....	52
4.2 Grafik tekanan fluida udara variasi 1H 1W, 2H 1W, dan 3H 1W pada setiap titik pengukuran .....	53
4.3 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi simpul pipa 1H 1W, 2H 1W, 3H 1W .....	54
4.4 Grafik kecepatan fluida udara variasi 1H 1W, 1H 2W, dan 1H 3W pada setiap titik pengukuran .....	55
4.5 Grafik tekanan fluida udara variasi 1H 1W, 1H 2W, dan 1H 3W pada setiap titik pengukuran .....	56
4.6 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi simpul pipa 1H 1W, 1H 2W, 1H 3W .....	57
4.7 Grafik kecepatan fluida udara variasi 2H 1W, 2H 2W, dan 2H 3W pada setiap titik pengukuran .....	59
4.8 Grafik tekanan fluida udara variasi 2H 1W, 2H 2W, dan 2H 3W pada setiap titik pengukuran .....	60
4.9 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi simpul pipa 2H 1W, 2H 2W, 2H 3W .....	61
4.10 Grafik kecepatan fluida udara variasi 3H 1W, 3H 2W, dan 3H 3W pada setiap titik pengukuran .....	62
4.11 Grafik tekanan fluida udara variasi 3H 1W, 3H 2W, dan 3H 3W pada setiap titik pengukuran .....	63
4.12 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi simpul pipa 3H 1W, 3H 2W, 3H 3W .....	64
4.13 Grafik kecepatan fluida udara variasi 1H 1W, 2H 2W, dan 3H 3W pada setiap titik pengukuran .....	66
4.14 Grafik tekanan fluida udara variasi 1H 1W, 2H 2W, dan 3H 3W pada setiap titik pengukuran .....	67

4.15 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi simpul pipa 1H 1W, 2H 2W, 3H 3W .....	68
4.16 Perbandingan pengaruh kecepatan fluida terhadap <i>head losses</i> dengan variasi setiap simpul pipa <i>expansion loops</i> .....	69
L3.1 Tabung Pitot .....	88
L3.2 Manometer U .....	88
L3.3 Flow conditioner .....	89
L3.4 Regulator Voltage 68 volt.....	89
L3.5 Regulator Voltage 109 volt.....	90
L3.6 Regulator Voltage 202 volt.....	90
L3.7 Hand blower dengan pengatur tegangan.....	91
L3.8 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 1W.....	91
L3.9 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 2W.....	92
L3.10 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 1H 3W.....	92
L3.11 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 1W.....	93
L3.12 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 2W.....	93
L3.13 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 2H 3W.....	94
L3.14 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 1W.....	94
L3.15 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 2W.....	95
L3.16 Simpul pipa <i>expansion loop</i> 3H 3W.....	95

## DAFTAR SIMBOL

$A$	= luas penampang ( $m^2$ )
$D$	= diameter (m)
$F$	= gaya (N)
$f$	= factor gesekan (diagram moody)
$g$	= gravitasi bumi ( $9,80665 m/s^2$ )
$hf$	= <i>head losses mayor</i> (m)
$hm$	= <i>head losses minor</i> (m)
$k_{kb}$	= koefisien kerugian
$m$	= massa (kg)
$p$	= tekanan ( $N/m^2$ )
$\rho$	= massa jenis ( $kg/m^3$ )
$Q$	= debit ( $m^3/s$ )
$Re$	= bilangan reynold
$\tau$	= tegangan geser ( $kg/m^2$ )
$\mu$	= viskositas fluida ( $N/m^2.s$ )
$V$	= volume ( $m^3$ )
$v$	= kecepatan (m/s)
$\nu$	= viskositas kinematic ( $m^2/s$ )