



**ANALISIS HEADLOSSES SAMBUNGAN ELBOW 90°
TIPE EKSPANSI
PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN**

SKRIPSI

Oleh :

**Beta Arifianto
NIM 091910101056**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**ANALISIS HEADLOSSES SAMBUNGAN ELBOW 90°
TIPE EKSPANSI
PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN**

SKRIPSI

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

Oleh :

**BETA ARIFIYANTO
NIM 091910101056**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT dan segala puji bagi Allah SWT serta shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada :

1. Keluargaku, Bapak H.Hasbullah dan Ibu Hj.Huma'iyah atas segala do'a, dukungan yang tak pernah surut dan materil. Tidak lupa kakakku Beta Pratama Putra dan adikku Tata dan Rara, dan juga seorang yang tak henti-hentinya memberi semangat yaitu Rosa Apriliya Fadhila. Dan juga saudara-saudaraku.
2. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku dosen pembimbing utama, Bapak M. Fahrur Rozy H.,S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Hari Sutjahjono,S.T,M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri,M.T. selaku dosen penguji II.
3. Semua guruku mulai dari TK sampai SMA dan dosen-dosenku di Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik,dan membimbingku dengan sabar.
4. Teman-temanku yang telah membantu penelitian ini terselesaikan yaitu Park ji sung(M. Khoirul .G) , Hidayat Duro, Doni, Yoga, Azis, Avi, Aldo, dan teman-teman N-Gine Teknik Mesin Universitas Jember terutama angkatan tahun 2009.
5. Serta seluruh pihak yang telah mendukung yang tak bisa disebutkan satu-persatu.

MOTTO

Man jadda wajada, siapa yang bersungguh-sungguh pasti berhasil
(H.R.Muslim)

Barang siapa keluar mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah sampai ia kembali
(H.R. Tirmidzi dari Anas Bin Malik r.a)

Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah
(Thomas AlvaEdison)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Beta Arifiyanto

NIM : 091910101056

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “ANALISIS *HEADLOSSES* SAMBUNGAN *ELBOW 90°* TIPE EKSPANSI PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juni 2016

Yang menyatakan,

Beta Arifiyanto

NIM 091910101056

***ANALISIS HEADLOSSES SAMBUNGAN ELBOW 90° TIPE EKSPANSI PADA
PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN***

SKRIPSI

Oleh :

Beta Arifiyanto
NIM 091910101056

Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digo Listyadi S., M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ANALISIS *HEADLOSSES* SAMBUNGAN *ELBOW 90°* TIPE EKSPANSI PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 28 Juni 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Ir. DigoListyadi S., M.Sc.

NIP 196806171995011001

Dosen Penguji I

Hari Sutjahjono, S.T, M.T.

NIP 19681205 1997021002

M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.

NIP 19670123 199702 1 001

Dosen Penguji II

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

NIP 19670123 199702 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr.Ir.Entin Hidayah, M. UM.

NIP 196612151995032001

RINGKASAN

ANALISIS HEADLOSSES SAMBUNGAN ELBOW 90° TIPE EKSPANSI PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN; Beta Arifiyanto, 091910101056; 60 Halaman; Program Studi Strata Satu (S1); Jurusan Teknik Mesin; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Sistem perpipaan merupakan salah satu cara untuk mendistribusikan fluida dari suatu tempat ke tempat lain. Terdapat banyak variasi sistem perpipaan mulai dari sistem pipa tunggal yang sederhana sampai sistem pipa bercabang yang sangat kompleks. Salah satu bagian dari instalasi perpipaan adalah belokan, pembesaran, katup .belokan pembesaran dan katup banyak kita jumpai dalam proses pembakaran penyuplaian udara dimana menganalisis tekanan dan kecepatan perlu dalam pembakaran. Sehingga dengan adanya belokan, pembesaran, katup pada sistem perpipaan akan menimbulkan permasalahan yang akan sering kita temukan pada sistem tersebut. Salah satu permasalahan tersebut adalah terjadinya *head losses* pada elbow , pembesaran, dan katup yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*). Dari permasalahan tersebut perlu diketahui nilai *head losses* yang terjadi sebagai referensi penggunaan elbow, katup, pembesaran. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui variasi katup terhadap: 1) mengetahui seberapa besar kecepatan dan tekanan yang terjadi akibat panjangnya jarak katup, 2) mengetahui pola aliran pada lengkungan S, 3) mengetahui nilai *head losses* total.

Penelitian ini dilaksanakan dalam 12 tahap pengujian yaitu pengujian pada sebelum belokan dengan jarak tiga variasi katup sebesar 2cm, 3cm, 4 cm, setelah belokan dan pembesaran dengan jarak katup 2 cm, 3cm, 4cm dengan variasi jarak alat ukur dari katup 7cm, 8cm, 9cm serta pada setiap titik pengukuran terdapat 3 posisi alat ukur sehingga dapat mengetahui pola aliran yang terjadi di setiap titik.

Dari hasil penelitian ini didapat bahwa pengaruh variasi katup dengan variasi jarak antara alat ukur dan katup akan mempengaruhi kecepatan, tekanan, dan *head losses*. Posisi alat ukur dalam pipa cenderung mempengaruhi kecepatan dan tekanan, di mana kecepatan tertinggi pada titik pengukuran I sebelum belokan berada di tengah-tengah pipa atau pada posisi alat ukur 2 dan kecepatan terendah terjadi di tepi dinding pipa atau pada posisi alat ukur 1 dan 3, sedangkan tekanan sebaliknya. Pada titik pengukuran II setelah belokan dan pembesaran kecepatan tertinggi terjadi pada posisi alat ukur 1 dan 3 dan kecepatan terendah terjadi pada posisi alat ukur 2, sedangkan tekanan tertinggi terjadi pada posisi alat ukur 2 dan tekanan terendah terjadi pada posisi alat ukur 1 dan 3 semuanya sama dengan variasi katup 3 cm dan 4 cm hanya membedakan besar nilai kecepatan dan tekanan. Kecepatan di bawah katup nilainya 0 dan minus itu karena pengaruh katup, Sehingga aliran turbulensi.

SUMMARY

ANALYSIS HEADLOSSES 90 ° ELBOW CONNECTION TYPE EXPANSION IN THE AIR FOR THE FIRING supplying ; Beta Arifiyanto , 091910101056 ; 60 pages ; Study Program Tier One (S1) ; Majoring in mechanical engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

Piping system is one way to distribute the fluid from one place to another. There are many variations of piping systems from a single pipe system that is simple to branched piping systems are very complex. One part of the piping installation is turns, enlargement, enlargement . *elbow* valves and valve we have encountered in the process of supplying combustion air which analyze the pressure and speed needed in combustion. So with the bends, enlargement, valves on the pipeline system will cause problems that will often be found on the system. One of these problems is the head losses in the elbow, magnification, and a valve that causes a decrease in pressure (pressure drop). Of these problems need to know the value of head losses that occur as a reference the use of elbows, valves, enlarged. The purpose of the study to determine variations in the valve to: 1) determine how much speed and pressure that occurs as a result of long distances valve, 2) determine the flow pattern in the arch S, 3) determine the value of the total head losses.

This study was conducted in 12 stages of testing is testing in before the turn with a distance of three variations valve by 2cm , 3cm , 4 cm , after the turn and enlargement with a distance of valve 2cm , 3cm , 4cm with variations in distance measuring devices of the valve 7cm , 8cm , 9cm as well as at each measurement point there are 3 position measuring instrument that can determine the flow pattern that occurs at any point .

From the results of this study found that the effect of variations in the valve with a variation of the distance between the gauge and the valve will affect the speed , pressure , and head losses. The position of the measuring instrument in the pipeline

tends to affect the speed and pressure , in which the highest speed at the measurement point I before the bend is in the middle of the pipe or the position measuring devices 2 and the lowest speed occurs at the edge of the pipe wall or a position measuring instrument 1 and 3 , whereas the reverse pressure . At the point of measurement II after the turn and the enlargement of the highest speed occurs in the position measuring instrument 1 and 3 and the lowest rate occurred in position measuring devices 2 , while the highest pressure occurs at position measuring devices 2 and the lowest pressure occurs in the position measuring instrument 1 and 3 are all the same with variations valve 3 cm and 4 cm only distinguishes great value speed and pressure . The speed at baawah valve value 0 and minus that due to the influence of the valve , so that the flow turbulence .

PRAKATA

Dengan menyebut nama Allah SWT, Alhamdulillah atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS *HEADLOSSES* SAMBUNGAN *ELBOW 90°* TIPE EKSPANSI PADA PENYUPLAIAN UDARA UNTUK PROSES PEMBAKARAN”. 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 M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Hari Sutjahjono, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah banyak memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Semua Dosen Teknik Mesin Universitas Jember.
5. Guru-guru mulai dari TK sampai dengan SMK yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya.
6. Kakak dan Adikku yang tercinta yang selalu memberikan dorongan dan semangat sehingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Semua keluargaku yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga kelancaran yang tercipta memberikan dampak yang positif terhadap proses penyelesaian skripsi ini
8. Teman-temanku N-Gine seperjuangan, salam “*Solidarity forever*”

9. Adik-adik angkatanku tercinta yang telah banyak membantu dan memotivasi agar terselesaikannya skripsi ini.
10. Mbak Halimah selaku staf administrasi Jurusan Teknik Mesin, terima kasih atas bantuannya selama ini.
11. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember
12. 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, 28 Juni 2016

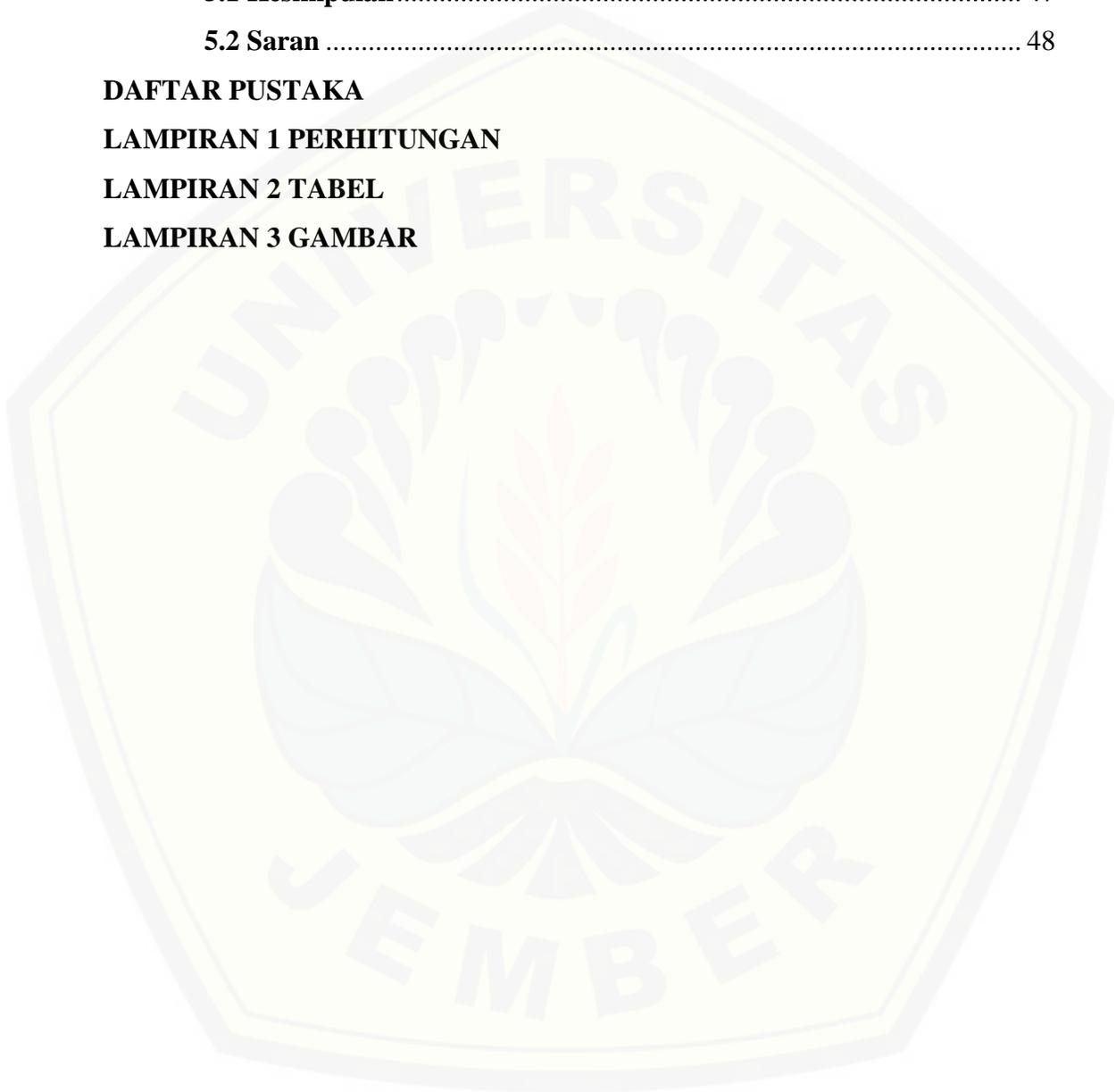
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Fluida.....	5
2.2 Aliran dalam tabung.....	6
2.3 Daerah Masuk dan Daerah Berkembang Penuh	9
2.4 Kehilangan Energi (<i>Head Losses</i>).....	11
2.4.1 <i>Head Losses Mayor</i>	12
2.4.1 <i>Head Losses Minor</i>	13
2.5 Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>).....	15

2.6 Pengertian Katup	16
2.7 Kerugian Yang Di Sebabkan Oleh Perubahan Ukuran Pipa Yang Mendadak	18
2.8 Tabung Pitot (Pitot Tube).....	21
2.9 Blower	23
2.8.1 Sentrifugal Blower	23
2.8.2 Positive Displacement Blower.....	25
2.10 Hipotesis Penelitian.....	26
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan	28
3.4 Variabel Penelitian.....	28
3.4.1 Variabel Bebas.....	28
3.4.2 Variabel Terikat	28
3.5 Prosedur Pengujian	28
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian	28
3.5.2 Tahapan Penelitian.....	29
3.5.3 Pengolahan Data	30
3.6 Skema Alat Uji	32
3.7 Diagram Alir Penelitian	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian.....	34
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	37
4.2.1 Pembahasan Variasi Katup 2 cm, 3cm, 4cm, sebelum <i>elbow</i> ..	37

4.2.2 Pembahasan <i>Head Losses</i> Total.....	46
BAB 5. PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN	
LAMPIRAN 2 TABEL	
LAMPIRAN 3 GAMBAR	



DAFTAR TABEL

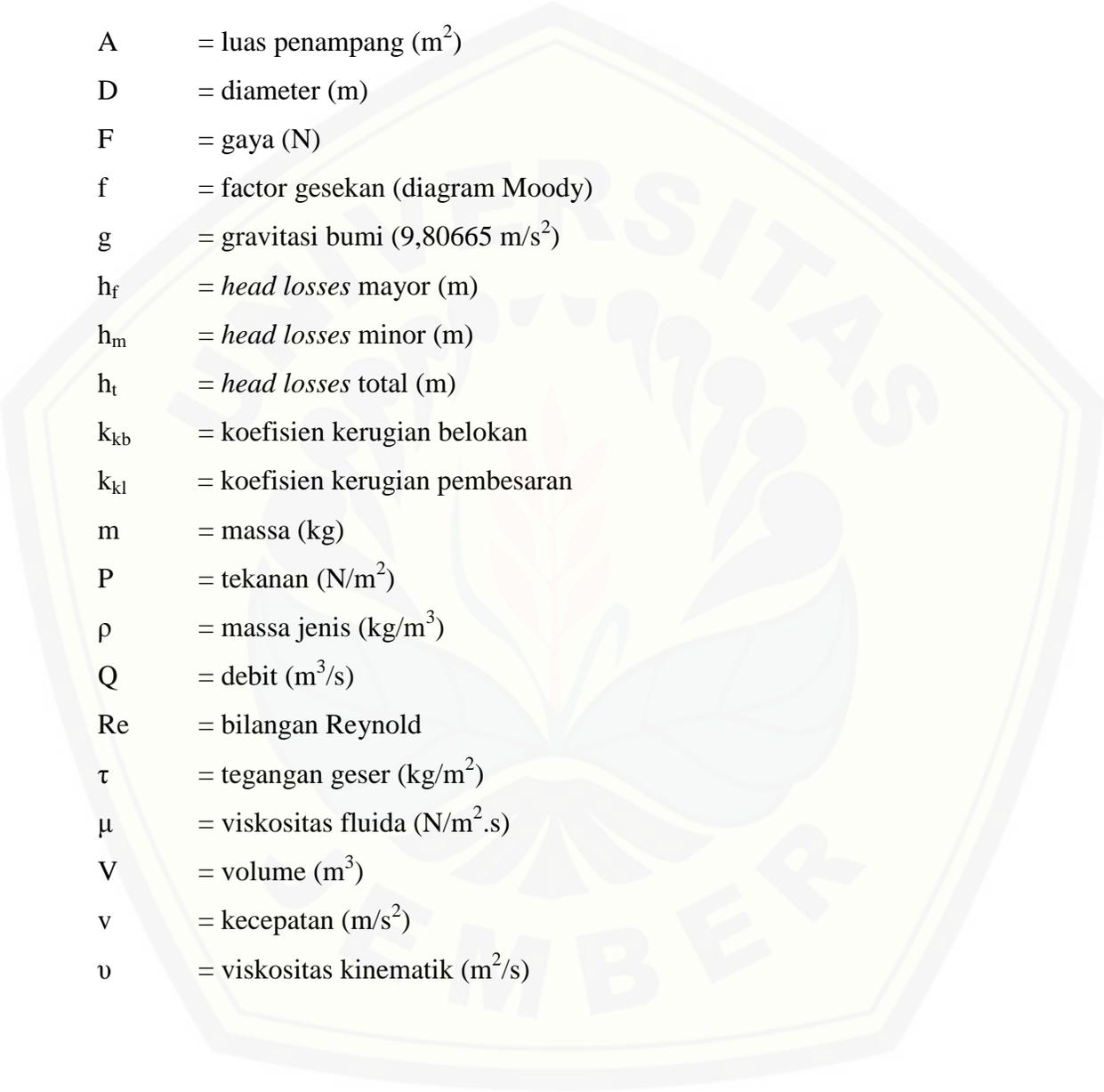
Tabel	Halaman
3.1 Pengambilan Data pada jarak katup	30
3.2 Jadwal Rencana Penelitian	33
4.1 Hasil Penelitian dari Pengambilan Data Sebelum <i>Elbow</i> 90° Dengan Variasi Jarak Katup	35
4.2 Hasil Penelitian dari Jarak Katup 2cm Dengan Variasi jarak tabung pitot ..	36
4.3 Hasil Penelitian dari Jarak Katup 3cm Dengan Variasi Jarak Tabung Pitot ..	36
4.4 Hasil Penelitian dari Jarak Katup 4cm Dengan Variasi Jarak Tabung Pitot ..	37
L1.1 Hasil Penelitian Pada Variasi Jarak Katup 2cm, 3cm, 4cm, Dengan Jarak Alat Ukur 7cm, 8cm, 9cm.....	49
L2.1 Hasil Perhitungan Kecepatan dan Tekanan Pada Variasi Jarak Katup.....	55
L2.2 Hasil Perhitungan <i>Headlosses</i> Total Pada Variasi Jarak Katup 2cm.....	57
L2.3 Hasil Perhitungan <i>Headlosses</i> Total Pada Variasi Jarak Katup 3cm.....	57
L2.4 Hasil Perhitungan <i>Headlosses</i> Total Pada Variasi Jarak Katup 4cm.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Tabung Aliran Persamaan Kontinuitas	6
2.2 Tabung Aliran Fluida.....	8
2.3 Daerah Masuk Aliran Sedang Berkembang dan Aliran Berkembang Penuh pada Sistem Pipa	10
2.4 Diagram Moody.....	13
2.5 Koefisien Kerugian Pada Belokan.....	15
2.6 Velocity Vektor di Max.Posisi Valve Lift untuk Berjenis Heliks	17
2.7 Velocity Vektor di Max.Katup Angkat Posisi Spiral Manifold	17
2.8 Velocity Vektor di Max.Katup Posisi untuk Helical Spiral Berjenis Re Sirkulasi..	17
2.9 Rerugi untuk Ekspansi dan Kontraksi Tiba-Tiba	19
2.10 Koefisien Kerugian Untuk Diffusers	20
2.11 Profil <i>Elbow 90°</i>	21
2.12 Bentuk dan Penempatan Tabung Pitot dan Pipa.....	22
2.13 <i>Forward Curved Blade</i>	24
2.14 <i>Backward Curved Blade</i>	25
3.1 Skema Alat Uji	32
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	33
4.1 Grafik Kecepatan Fluida Udara Variasi Katup 2cm,3cm,dan4cm sebelum <i>elbow</i>	38
4.2 Grafik Tekanan Fluida Udara Variasi Katup 2cm,3cm,4cm Sebelum <i>elbow</i>	39
4.3 Grafik Kecepatan Fluida Udara Jarak Katup 2cm Setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	40
4.4 Grafik Tekanan Fluida Udara Jarak Katup 2cm Setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	41

4.5	Grafik Kecepatan Fluida Udara Jarak Katup 3cm Setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	42
4.6	Grafik Tekanan Fluida Udara Jarak Katup 3cm Setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	43
4.7	Grafik Kecepatan Fluida Udara Jarak Katup 4 cm Setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	44
4.8	Grafik Tekanan Fluida Udara Jarak Katup 4 cm setelah Belokan dan Pembesaran dengan Variasi Jarak Alat Ukur	45
4.9	Grafik <i>Headlosses</i> Total Terhadap Variasi Jarak Katup Pada Jarak Alat Ukur.....	46
L3.1	Tabung Pitot.....	58
L3.2	Manometer U	58
L3.3	Anemometer	59
L3.4	Pengatur Tegangan	59
L3.5	<i>Hand Blower</i>	60
L3.6	<i>Flow Conditioner</i>	60

DAFTAR SIMBOL



A	= luas penampang (m^2)
D	= diameter (m)
F	= gaya (N)
f	= factor gesekan (diagram Moody)
g	= gravitasi bumi ($9,80665 m/s^2$)
h_f	= <i>head losses</i> mayor (m)
h_m	= <i>head losses</i> minor (m)
h_t	= <i>head losses</i> total (m)
k_{kb}	= koefisien kerugian belokan
k_{kl}	= koefisien kerugian pembesaran
m	= massa (kg)
P	= tekanan (N/m^2)
ρ	= massa jenis (kg/m^3)
Q	= debit (m^3/s)
Re	= bilangan Reynold
τ	= tegangan geser (kg/m^2)
μ	= viskositas fluida ($N/m^2.s$)
V	= volume (m^3)
v	= kecepatan (m/s^2)
ν	= viskositas kinematik (m^2/s)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak terdapat jenis perpipaan yang dapat kita temukan di industri-industri. Perpipaan ini bisa di gunakan untuk menyalurkan fluida air atau gas. dengan adanya sistem perpipaan ini menimbulkan keuntungan yang besar pada industri dengan mempermudah mendistribusikan fluida di gunakan untuk kebutuhan industrinya. Pada sistem perpipaan meliputi semua komponen dari lokasi awal sampai dengan lokasi tujuan antara lain, saringan (*strainer*), katup atau kran, sambungan, nosel dan sebagainya. Sambungan dapat berupa penampang berubah, belokan (*elbow*), belokan 180° (*return bend 180^\circ*), dan sambungan bentuk T (*tee*).

Penyuplaian udara juga dapat di temukan dalam proses motor bakar di dalam *intake manifold*. Fungsi *intake manifold* adalah untuk menghantar udara ke silinder atau ruang bakar. Bentuk *intake manifold* berupa pipa tabung yang jumlahnya tergantung silinder, *intake manifold* harus mampu mensuplai udara secara merata pada saluran *runner* dan menjadikan aliran udara didalam silinder bersifat turbulen (*swirl flow*) yang dapat berpengaruh terhadap pencampuran bahan bakar didalam silinder atau ruang bakar. Faktor yang berpengaruh terhadap aliran fluida di *intake manifold* adalah bentuk desain dari *runner* dan *plenum* pada *intake manifold* tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Solanki (2015)

Head losses dapat dibagi menjadi 2 yaitu, *mayor losses* dan *minor losses*. *Mayor losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan dinding pipa memanjang. *Minor losses* adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya sambungan pipa (*fiting*).

Menurut (Wahyudi, 2010) aliran laminar adalah aliran dimana partikel-partikel fluida yang bergerak memiliki keteraturan mengikuti kesejajaran dengan

pipa yang memiliki kecepatan aliran yang sama di sepanjang penampang pipa. Ciri-ciri dari aliran laminar ini adalah memiliki kestabilan yang baik, sehingga penurunan tekanan yang terjadi relatif kecil. Sedangkan aliran turbulen merupakan aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar.

Menurut (Helmizar, 2011) telah melakukan penelitian mengenai Head Losses Pada Aliran Fluida Yang Melalui Elbow 90° dengan variasi jari-jari kelengkungan sambungan elbow 90° terhadap diameter pipa (R/d) sebesar 4,199 dan 6,299. Debit aliran di variasikan dengan $Q_1=0,000312345986 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $Q_2=0,000265776 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil eksperimen menunjukkan $R/d=6,299$ memiliki head loss yang lebih besar dibandingkan $R/d=4,199$. Perbedaan mencolok pada distribusi harga koefisien tekanan antara jari-jari dalam dan jari-jari luar, dimana muncul peristiwa favorable pressure gradient pada jari-jari dalam. Munculnya peristiwa adverse pressure gradient pada jari-jari luar elbow disinyalir berkontribusi terhadap kehilangan energi/head loss pada *elbow 90°* .

Pada proses pembakaran aliran udara melewati manifold, di manifold terdapat katup isap ketinggian katup itu akan mempengaruhi penurunan tekanan pada ruang bakar, sehingga pada penelitian ini mengakibatkan aliran fluida setelah melewati *elbow 90°* akan berbentuk turbulensi atau laminar.

Di mesin pembakaran internal, kondisi aliran di dalam silinder sangat penting untuk proses pembakaran (Heywood, 1988). Ini ditentukan oleh udara yang mengalir ke dalam silinder melalui katup intake selama Proses induksi dan oleh evolusi selama langkah kompresi. Koefisien debit mengukur aliran permeabilitas dalam sistem intake mesin. Sebuah katup dan port yang terkait dikatakan efisien jika ada perbedaan minimal antara aliran efektif atau aktual daerah dan daerah aliran geometris. Efisiensi ini kuantitatif menilai dengan cara debit atau koefisien aliran

didefinisikan sebagai rasio daerah aliran aktual ke daerah aliran geometris (Ferguson, 1985).

Koefisien debit dari katup inlet dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut: lebar valve seat, sudut valve seat, pembulatan sudut kursi, pelabuhan desain dan kepala silinder bentuk (Heywood, 1998). Koefisien debit untuk setiap angkat katup meningkat dengan meningkatnya angkat. Laju aliran udara melalui katup intake bervariasi dengan rasio tekanan intake, meningkatkan sebagai rasio tekanan meningkat (Rech *et al.* 2008, Zancanaro *et al* 2010 a, b). Penelitian mendalam dan rinci tentang aliran gas di silinder yang dihasilkan selama proses asupan sangat membantu untuk mencapai kontrol dan pemanfaatan yang efisien dalam rangka meningkatkan pembakaran,

Seberapa jauh pengaruh kedudukan katup terhadap aliran yang melewati pola aliran perlu di teliti. Sehingga dilakukan pengamatan mengenai *head losses* pada sambungan *elbow 90⁰* tipe ekspansi pada penyuplaian udara untuk proses pembakaran.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian kali ini adalah bagaimana pengaruh jarak katup terhadap *head losses* tipe ekspansi pada sambungan *elbow 90⁰* dengan titik pengukuran sesuai jarak katup yang di tentukan.

1.3 Batasan Masalah

Karena banyaknya kemungkinan variabel yang dapat mempengaruhi dalam analisa ini, maka penulisan ini dibatasi agar dapat memperoleh hasil penelitian yang lebih terarah dan terfokus pada suatu keadaan tertentu, adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran udara di pipa di anggap serba sama.
2. Tidak terjadi perubahan energi potensial.

3. Gesekan aliran udara dengan pipa diabaikan.
4. Tidak terdapat perubahan suhu di dalam aliran udara.
5. Tidak membahas kebocoran pada sistim perpipaan.
6. Udara di anggap sebagai gas ideal.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai *head losses* minor yang terjadi akibat adanya jarak katup pada *elbow 90°* tipe ekspansi
2. Mengetahui seberapa besar kecepatan dan tekanan pada setiap titik pengukuran .

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang di ambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan data *head losses* akibat pengaruh jarak katup terhadap aliran fluida
2. Mengetahui nilai keluaran yang paling baik dari ketiga variasi jarak.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Fluida

Fluida adalah zat yang tidak dapat menahan perubahan bentuk (distorsi) secara permanen. Bila kita mencoba mengubah bentuk suatu massa fluida, maka di dalam fluida tersebut akan terbentuk lapisan-lapisan dimana lapisan yang satu akan mengalir di atas lapisan yang lain, sehingga tercapai bentuk baru. Menurut Raswari (1986), fluida merupakan suatu zat atau bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (*shear force*). Selama perubahan bentuk tersebut, terdapat tegangan geser (*shear stress*) yang besarnya bergantung pada viskositas fluida dan laju alir fluida relatif terhadap arah tertentu. Bila fluida telah mendapatkan bentuk akhirnya, semua tegangan geser tersebut akan hilang sehingga fluida berada dalam keadaan kesetimbangan. Pada temperatur dan tekanan tertentu, setiap fluida mempunyai densitas tertentu. Jika densitas hanya sedikit terpengaruh oleh perubahan suhu dan tekanan yang relatif besar, fluida tersebut bersifat *incompressible*. Tetapi jika densitasnya peka terhadap perubahan variabel temperatur dan tekanan, fluida tersebut digolongkan *compressible*. Zat cair biasanya dianggap zat yang *incompressible*, sedangkan gas umumnya dikenal sebagai zat yang *compressible* (Modul ITB, 2001).

Pada aliran fluida dikenal 2 istilah yaitu fluida statis dan fluida dinamis. Fluida statis adalah fluida yang tidak bergerak atau dalam keadaan diam, misalnya air dalam gelas. Dalam fluida statis kita mempelajari hukum-hukum dasar antara lain mengenai tekanan hidrostatis, hukum Archimedes, tegangan permukaan dan kapilaritas. Fluida dinamis adalah fluida bergerak terutama cairan dan gas. Penyelesaian dari masalah dinamika fluida biasanya melibatkan perhitungan banyak properti dari fluida, seperti kecepatan, kepadatan, tekanan, dan suhu sebagai fungsi ruang dan waktu. Dinamika fluida memiliki aplikasi yang luas. Contohnya digunakan dalam menghitung gaya dan momen pada pesawat, *mass flow rate* dari petroleum

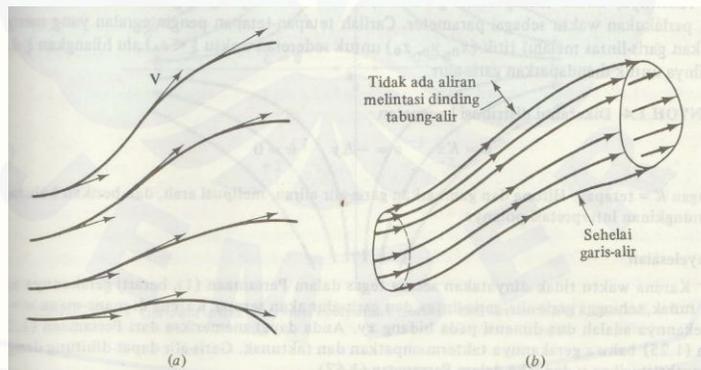
dalam jalur pipa, perkiraan pola cuaca, dan bahkan teknik lalu lintas, dimana lalu lintas diperlakukan sebagai fluida yang berkelanjutan. Dinamika fluida menawarkan struktur matematika yang membawahi disiplin praktis tersebut yang juga seringkali memerlukan hukum empirik dan semi-empirik, diturunkan dari pengukuran arus, untuk menyelesaikan masalah praktikal.

2.2 Aliran dalam Tabung

Jika fluida tidak mempunyai kekentalan, fluida dapat mengalir melalui tabung atau pipa mendatar tanpa memerlukan gaya. Oleh karena itu adanya kekentalan, perbedaan tekanan antara kedua ujung tabung diperlukan untuk aliran mantap setiap fluida nyata, misalnya air atau minyak di dalam pipa. Laju alir dalam tabung bulat bergantung pada kekentalan fluida, perbedaan tekanan, dan dimensi tabung.

a. Persamaan kontinuitas

Gerak fluida di dalam suatu tabung aliran haruslah sejajar dengan dinding tabung. Meskipun besar kecepatan fluida dapat berbeda dari suatu titik ke titik lain di dalam tabung. Pada Gambar 2.1 menunjukkan tabung aliran untuk membuktikan persamaan kontinuitas (White, 1986:39).



Gambar 2.1 Tabung Aliran Membuktikan Persamaan Kontinuitas (White, 1986:39)

Pada Gambar 2.1, misalkan pada titik P besar kecepatan adalah v_1 , dan pada titik Q adalah v_2 . Kemudian A_1 dan A_2 adalah luas penampang tabung aliran

tegak lurus pada titik Q. Di dalam interval waktu Δt sebuah elemen fluida mengalir kira-kira sejauh $v\Delta t$. Maka massa fluida Δm_1 yang menyeberangi A_1 selama interval waktu Δt adalah:

$$\Delta m = \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan kata lain massa $\Delta m_1/\Delta t$ adalah kira-kira sama dengan $\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1$. Kita harus mengambil Δt cukup kecil sehingga di dalam interval waktu ini baik v maupun A tidak berubah banyak pada jarak yang dijalani fluida, sehingga dapat ditulis massa di titik P adalah $\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1$ dan massa di titik Q adalah $\rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$, dimana ρ_1 dan ρ_2 berturut-turut adalah kerapatan fluida di P dan Q.

Karena tidak ada fluida yang berkurang dan bertambah maka massa yang menyeberangi setiap bagian tabung per satuan waktu haruslah konstan. Maka massa di titik P haruslah sama dengan massa di titik Q, sehingga dapat ditulis sebagai berikut.

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 \quad , \text{ dimana } \rho_1 = \rho_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

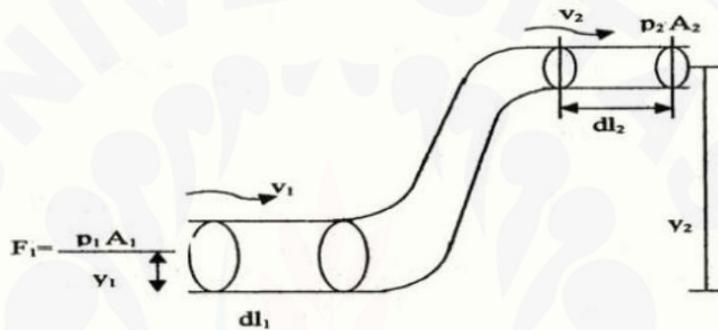
$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Sehingga persamaan (2.3) dikenal dengan persamaan kontinuitas.

b. Persamaan Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama (Andhy, 2013). Azas Bernoulli menyatakan bahwa pada pipa mendatar, tekanan fluida paling besar adalah pada bagian yang kelajuan alirannya paling kecil. Sebaliknya, tekanan paling kecil adalah pada bagian yang kelajuan alirannya paling besar.

Suatu persamaan yang banyak dipakai, yang menghubungkan tekanan, kecepatan, dan elevasi bermula di masa Daniel Bernoulli dan Leonhrad Euler dalam abad ke-18. Persamaan Bernoulli merupakan persamaan dasar dari dinamika fluida di mana berhubungan dengan tekanan (p), kecepatan aliran (v) dan ketinggian (h), dari suatu pipa yang fluidanya bersifat tak kompresibel dan tak kental, yang mengalir dengan aliran yang tak turbulen. Tinjau aliran fluida pada pipa dengan ketinggian yang berbeda seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tabung Aliran Fluida

Bagian sebelah kiri pipa mempunyai luas penampang A_1 dan sebelah kanan pipa mempunyai luas penampang A_2 . Fluida mengalir disebabkan oleh perbedaan tekanan yang terjadi padanya. Pada bagian kiri fluida terdorong sepanjang dl_1 akibat adanya gaya $F_1 = A_1 p_1$ sedangkan pada bagian kanan dalam selang waktu yang sama akan berpindah sepanjang dl_2 (Dilah, 2009).

Usaha yang dilakukan oleh gaya F_1 adalah $dW_1 = A_1 \cdot p_1 \cdot dl_1$ sedangkan pada bagian kanan usahanya $dW_2 = -A_2 \cdot p_2 \cdot dl_2$, dimana:

$$dW_1 + dW_2 = A_1 \cdot p_1 \cdot dl_1 - A_2 \cdot p_2 \cdot dl_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Sehingga usaha totalnya adalah:

$$W_1 + W_2 = A_1 \cdot p_1 \cdot l_1 - A_2 \cdot p_2 \cdot l_2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Bila massa fluida yang berpindah adalah m dan rapat massa fluida adalah ρ , maka diperoleh persamaan:

$$W = (\rho_1 - \rho_2) \frac{m}{\rho} \dots\dots\dots (2.6)$$

Persamaan di atas merupakan usaha total yang dilakukan oleh fluida. Bila fluida bersifat tak kental, maka tak ada gaya gesek sehingga kerja total tersebut merupakan perubahan energi mekanik total pada fluida yang bermassa m . besarnya tambahan energi mekanik total adalah:

$$E = \left(\frac{1}{2} m.v_2^2 - \frac{1}{2} m.v_1^2 \right) + (mgh_2 - mgh_1) \dots\dots\dots (2.7)$$

Maka

$$\begin{aligned} (p_1 - p_2) \frac{m}{\rho} &= \left(\frac{1}{2} m.v_2^2 - \frac{1}{2} m.v_1^2 \right) + (mgh_2 - mgh_1) \\ p_1 + \frac{1}{2} m.v_1^2 + \rho gh_1 &= p_2 + \frac{1}{2} m.v_2^2 + \rho gh_2 \dots\dots\dots (2.8) \end{aligned}$$

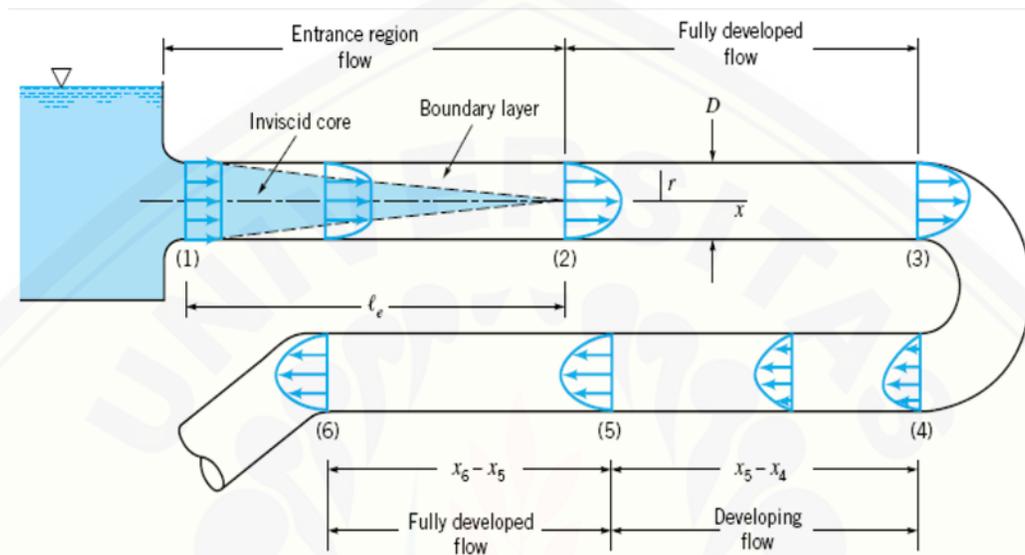
Sehingga dapat disimpulkan:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = \text{konstan} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.3 Daerah Masuk dan Daerah Berkembang Penuh

Setiap fluida yang mengalir dalam sebuah pipa harus memasuki pipa pada suatu lokasi. Daerah aliran di dekat lokasi fluida memasuki pipa disebut sebagai daerah masuk (*entrance region*) seperti diilustrasikan pada Gambar 2.3. Fluida biasanya memasuki pipa dengan profil kecepatan yang hampir seragam pada bagian (1). Sewaktu fluida bergerak melewati pipa, efek viskos menyebabkannya tetap menempel pada dinding pipa (kondisi lapisan batas tanpa slip). Hal ini berlaku baik jika fluidanya adalah udara yang relatif *inviscid* ataupun minyak yang sangat viskos. Jadi, sebuah lapisan batas (*boundary layer*) di mana efek viskos menjadi penting

timbul di sepanjang dinding pipa hingga profil kecepatan awal berubah menurut jarak sepanjang pipa x , sampai fluida mencapai ujung akhir dari panjang daerah masuk, bagian (2), di mana setelah di luar itu profil kecepatan tidak berubah lagi menurut x .



Gambar 2.3 Daerah Masuk Aliran Sedang Berkembang dan Aliran Berkembang Penuh pada Sistem Pipa. (Munson, et al, 2002)

Lapisan batas semakin tebal sehingga memenuhi pipa secara menyeluruh. Efek viskos sangat penting di dalam lapisan batas. Untuk fluida di luar lapisan batas [di dalam inti *inviscid/inviscid core* yang mengelilingi garis sumbu dari (1) ke (2)], efek viskos dapat diabaikan. Medan aliran di mana tegangan geser diasumsikan dapat diabaikan dikatakan sebagai *inviscid, nonviskos* atau tanpa gesekan. Bentuk dari profil kecepatan di dalam pipa tergantung pada apakah aliran laminar atau turbulen, sebagaimana pula panjang daerah masuk, ℓ_e . Seperti pada banyak sifat lainnya dari aliran pipa, panjang masuk tak berdimensi, ℓ_e/D , berkorelasi cukup baik dengan bilangan Reynolds. Panjang masuk pada umumnya diberikan oleh hubungan:

$$\frac{\ell_e}{D} = 0,06 \text{Re} \quad \text{untuk aliran laminar} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dan

$$\frac{l_e}{D} = 4,4 (\text{Re})^{1/6} \quad \text{untuk aliran turbulen (2.11)}$$

Untuk aliran-aliran dengan bilangan Reynolds sangat rendah panjang masuk dapat sangat pendek ($l_e = 0,6 D$ jika $\text{Re} = 10$), sementara untuk aliran-aliran dengan bilangan Reynolds besar daerah masuk tersebut dapat sepanjang berkali-kali diameter pipa sebelum ujung akhir dari daerah masuk dicapai ($l_e = 120 D$ untuk $\text{Re} = 2000$). Untuk banyak masalah-masalah teknik praktis $104 < \text{Re} < 105$ sehingga $20 D < l_e < 30 D$. Aliran antara (2) dan (3) disebut berkembang penuh (*fully developed*). Setelah gangguan atas aliran berkembang penuh pada bagian (4), aliran secara bertahap mulai kembali ke sifat berkembang penuh (5) dan terus dengan profil ini sampai komponen pipa berikutnya dicapai (6).

2.4 Kehilangan Energi (*Head Losses*)

Adanya kekentalan pada fluida akan menyebabkan terjadinya tegangan geser pada waktu bergerak. Tegangan geser ini akan merubah sebagian energi aliran menjadi bentuk energi lain seperti panas, suara dan sebagainya. Pengubahan bentuk energi tersebut menyebabkan terjadinya kehilangan energi. *Head losses* adalah *head* atau kerugian-kerugian dalam aliran pipa yang terdiri atas *head losses mayor* dan *head losses minor* (Sularso, 2000).

$$H = h_f + h_m \text{ (2.12)}$$

Dimana : $H = \text{head losses (m)}$

$h_f = \text{head losses mayor (m)}$

$h_m = \text{head losses minor (m)}$

2.4.1 Head Losses Mayor

Head losses mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian *head*. Hal ini disebabkan gesekan yang

terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida. Kerugian *head* akibat gesekan fluida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach (White, 1988) yaitu:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana : h_f = head losses mayor (m)

f = faktor gesekan (*Diagram Moody*)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan (m/s)

g = gravitasi bumi (m/s²)

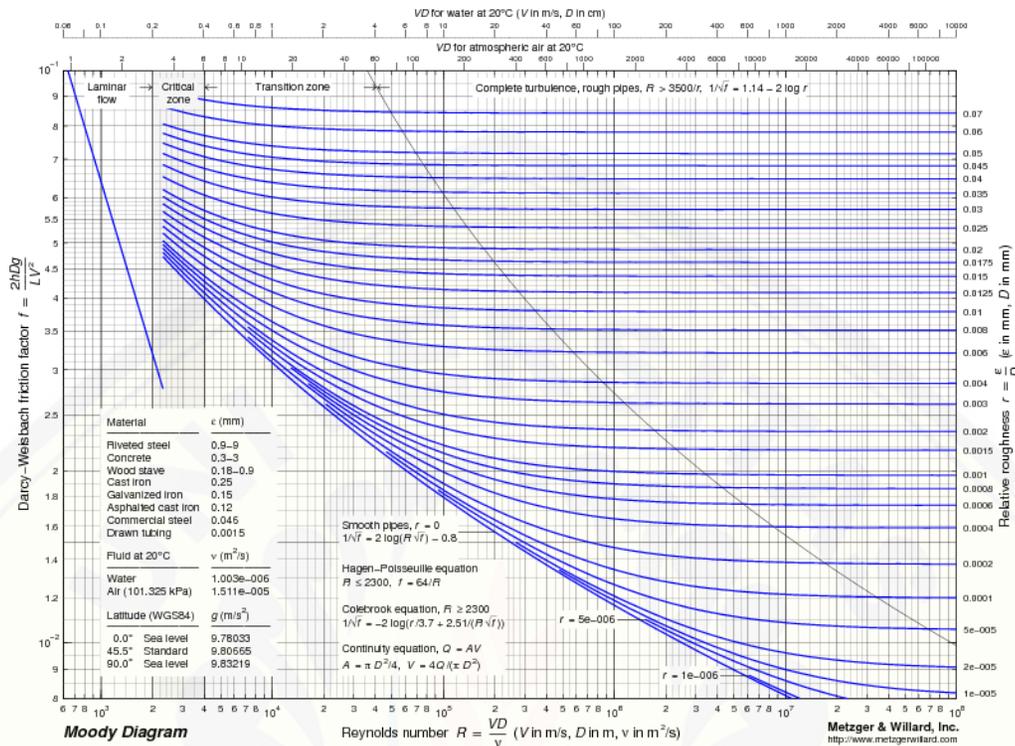
Diagram Moody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida dalam pipa dengan menggunakan faktor gesekan pipa (f) dari rumus Darcy-Weisbach. Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2300 ($Re < 2300$), faktor gesekan pada persamaan 2.14 dihubungkan dengan bilangan Reynold, dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana : f = faktor gesekan pipa

Re = bilangan Reynold

Untuk aliran turbulen dimana bilangan Reynold lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$), maka fungsional dari faktor gesekan (f) pada persamaan 2.18 tergantung pada bilangan Reynold dan kekasaran relatif, $f = \phi (Re, \epsilon/D)$. nilai ϵ untuk pipa PVC adalah 0,0015–0,007 mm, f dapat di lihat di diagram moody.



Gambar 2.4 Diagram Moody (Munson., et al, 2002)

2.4.2 Head Losses Minor

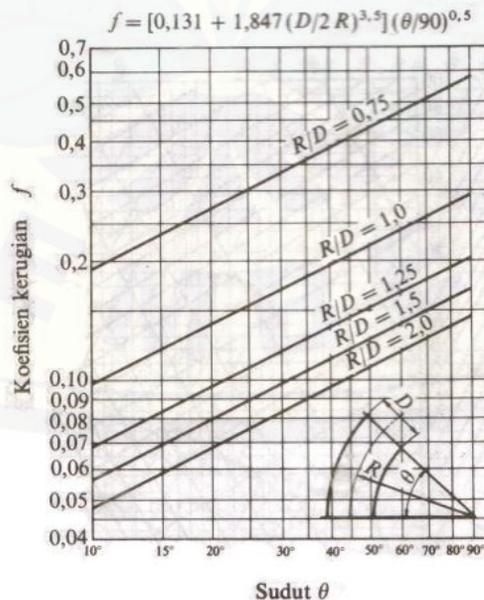
Untuk setiap sistem pipa, selain kerugian tipe Moody yang dihitung untuk seluruh panjang pipa, ada pula yang dinamakan kerugian kecil (*head losses minor*). *Head losses minor* adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup, sambungan T (*tee*), belokan, dan luas penampang yang tidak konstan. Karena pola aliran dalam katup maupun sambungan cukup rumit, teorinya sangat lemah. Kerugian ini biasanya diukur secara eksperimental dan dikorelasikan dengan parameter-parameter aliran dalam pipa. Kerugian kecil terukur biasanya diberikan sebagai nisbah kerugian hulu. Belokan pada pipa menghasilkan kerugian *head* yang lebih besar dari pada jika pipa lurus. Kerugian-kerugian tersebut disebabkan daerah-daerah aliran yang terpisah di dekat sisi dalam belokan (khususnya jika belokan tajam) dan aliran sekunder yang berputar karena ketidakseimbangan gaya-gaya sentripetal akibat

kelengkungan sumbu pipa. Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung atau belokan patah (*mitter* atau *multi-piece bend*). Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller (Sularso, 2000), dimana nilai dari koefisien kerugian dinyatakan sebagai:

$$k_{kb} = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2.15)$$

- Dimana :
- k_{kb} = koefisien kerugian belokan
 - D = diameter pipa(m)
 - R = jari – jari belokan pipa (m)
 - θ = sudut belokan (derajat)

Berikut adalah gambar rerugi kelokan tambahan, dimana terjadi variasi koefisien kerugian karena pengaruh perubahan bilangan Reynoldnya. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2.5, perbandingan jari-jari kelokan dengan diameter (r/d) juga mempengaruhi besar kerugiannya.



Gambar 2.5 Koefisien Kerugian pada Belokan (Sularso, Haruo Tahara, 2000)

Kemudian untuk mengetahui *head losses minor* dapat menggunakan persamaan di bawah ini (White, 1988)

$$h_m = k_{kb} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana : $h_m = head losses minor$ (m)

k_{kb} = koefisien kerugian belokan (m)

v = kecepatan (m/s)

g = gravitasi bumi (m/s²)

2.5 Pressure Drop (Penurunan Tekanan)

Pressure drop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliran air. Penurunan tekanan adalah hasil dari gaya gesek pada fluida seperti yang mengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Aliran cairan atau gas selalu akan mengalir ke arah berlawanan sedikit (kurang tekanan). Pada aliran satu fase, *pressure drop* dipengaruhi oleh bilangan Reynold yang merupakan fungsi dari viskositas, densitas fluida, dan diameter pipa.

Secara matematis *pressure drop* pada pipa horizontal adalah sebagai berikut:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana : $\Delta P = pressure drop$ (N/m²)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

g = gravitasi (m/s²)

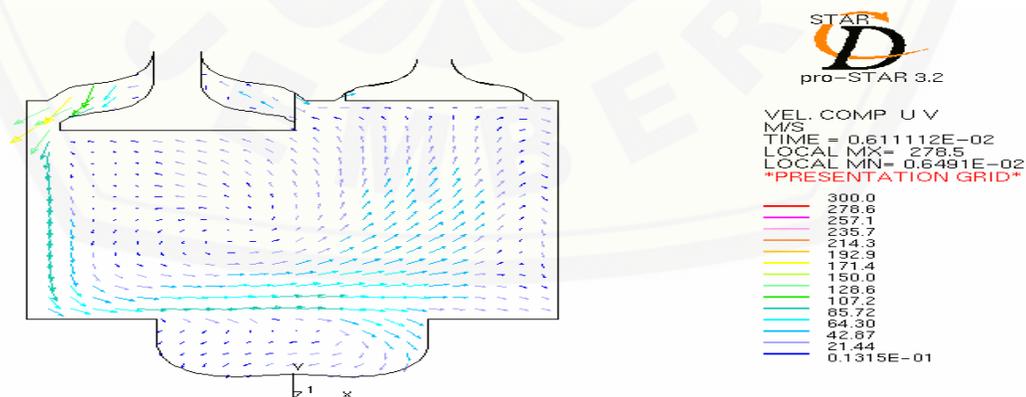
Δh = selisih ketinggian pada manometer (m)

2.6 Pengertian Katup

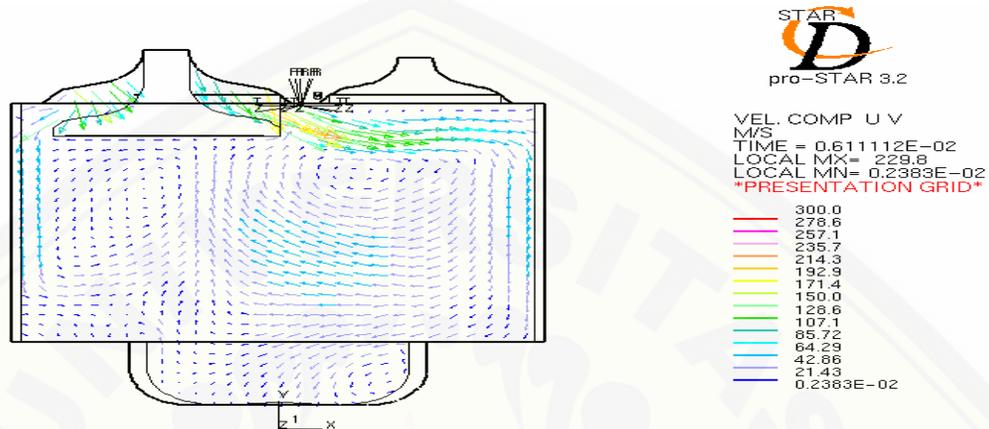
Klep atau katup atau adalah suatu alat yang mempunyai fungsi membuka dan menutup pada bagian mesin pada proses pembakaran. Ketika katup pada posisi terbuka penuh, aliran asupan maksimum terhadap silinder, membentuk zona re-sirkulasi bawah katup (Angka 12 sampai 14). Dalam kasus heliks-spiral dikombinasikan berjenis pembentukan zona re-sirkulasi diamati di banyak lokasi. Kekuatan zona re-sirkulasi disediakan oleh spiral dan konfigurasi heliks lemah. Gambar 2.6 Velocity vektor di max. Posisi valve lift untuk berjenis heliks, Gambar 2.7 Velocity Vector di Max. Katup Angkat Posisi Spiral Manifold, Gambar 2.8 Velocity vektor di max, katup posisi angkat untuk helical spiral berjenis Re Sirkulasi



Gambar 2.6 Velocity vektor di max. Posisi valve lift untuk berjenis heliks(Benny Paul1*, V. Ganesan2 Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 80-91)



Gambar 2.7 Velocity Vector di Max. Katup Angkat Posisi Spiral Manifold (Benny Paul1*, V. Ganesan2 Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 80-91)



Gambar 2.8 Velocity vektor di max. katup posisi angkat untuk helical spiral berjenis Re Sirkulasi (Benny Paul1*, V. Ganesan2 Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 80-91)

2.6 Kerugian yang Disebabkan oleh Perubahan Ukuran Pipa yang Mendadak

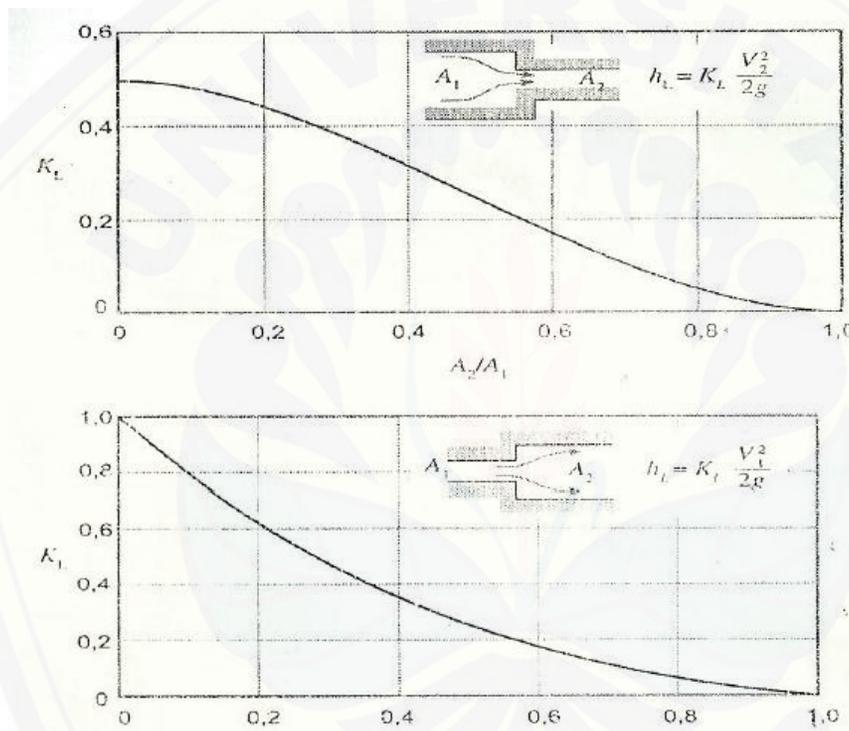
Kerugian karena perubahan penampang dapat berupa pembesaran tiba-tiba, pembesaran perlahan, pengecilan tiba-tiba dan pengecilan perlahan lahan. Kerugian yang terjadi karena perubahan penampang pipa secara mendadak (kontraksi tiba-tiba) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9 mempunyai koefisien kerugian (KL) = $hL/(V^2/2g)$, adalah fungsi dari rasio $A2/A1$. Nilai KL berubah secara gradual dari satu kondisi ekstrim dengan sisi masuk bertepi tajam ($A2/A1= 0$ dengan $KL = 0.50$) sampai kondisi ekstrim lainnya tanpa adanya perubahan luas ($A2/A1= 1$ dengan $KL = 0$)

Untuk aliran akibat perbesaran mendadak serupa dengan aliran sisi keluar. Fluida meninggalkan pipa yang lebih kecil dan pada awalnya membentuk struktur seperti jet sewaktu memasuki pipa yang lebih besar. Setelah jarak beberapa diameter

dihilir dari perbesaran, jet menjadi tersebar diseluruh penampang pipa dan aliran berkembang penuh terbentuk kembali.

Koefisien kerugian dari sebuah perbesaran mendadak dapat dihitung secara teoritis yaitu:

$$K_L = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \dots\dots\dots (2.18)$$



Gambar 2.9 Rerugi untuk ekspansi dan kontraksi tiba-tiba (Frank M White, 1988)

Aliran melalui sebuah expander sangat rumit dan dapat sangat tergantung pada perbandingan luas penampang, detil spesifik dari bentuk geometrisnya dan bilangan Reynolds. Adapun rumus teoritisnya adalah:

$$K_2 = \frac{\sqrt{\left(\sin \frac{\theta}{2}\right) (1 - \beta^2)}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4} \dots\dots\dots (2.19)$$

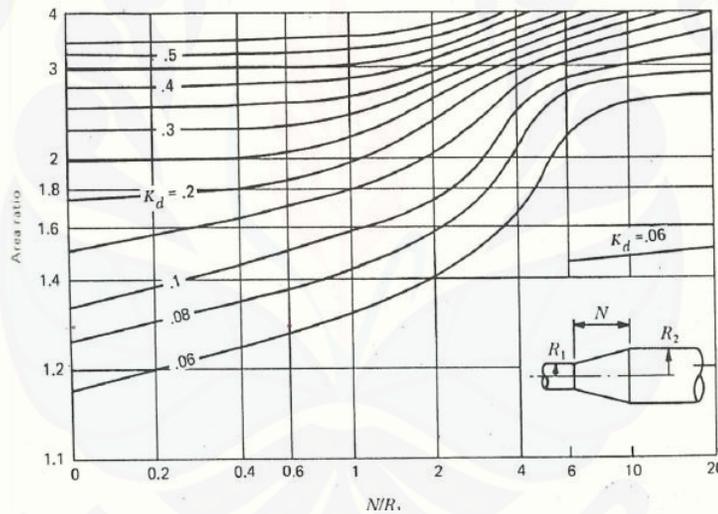
$$45^\circ > \theta \geq 180^\circ$$

Dimana : $\beta = \frac{d_1}{d_2}$

d1 = diameter masuk

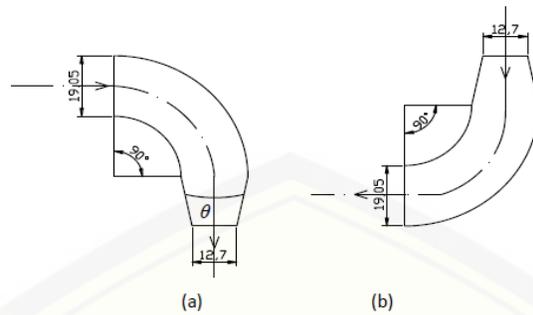
d2 = diameter keluar

Berikut adalah grafik untuk menentukan koefisien kerugian untuk diffusers



Gambar 2.10. Koefisien Kerugian Untuk Diffusers (Donald S. Miller 1978)

Aliran yang melalui pengecilan kerucut tidak serumit dibandingkan aliran pada perbesaran kerucut. Koefisien kerugian yang khas berdasarkan pada kecepatan (laju tinggi) di sisi hulu bisa cukup kecil dari KL = 0,02 untuk $\theta = 30^\circ$ sampai KL = 0,07 untuk $\theta = 60^\circ$. Adalah relative mudah untuk mempercepat sebuah fluida secara efisien, rumus teoritisnya:



$$K_2 = \frac{\sqrt{\left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^2 (1 - \beta^2)}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4} \dots \dots \dots (2.20)$$

Gambar 2.11 Profil elbow 90°

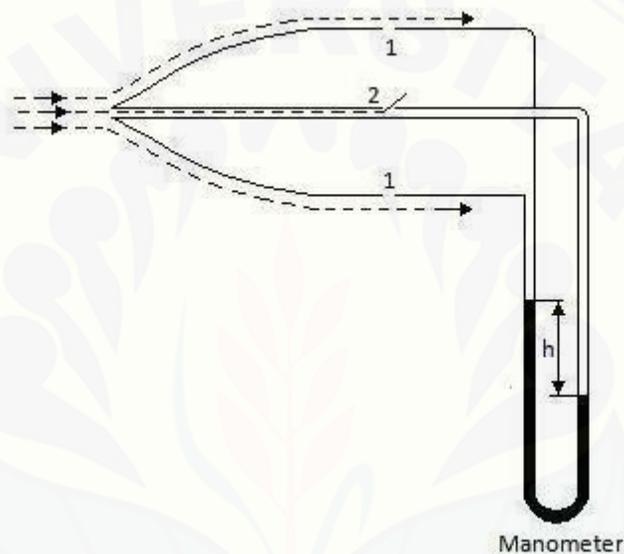
Kelokan atau lengkungan dalam pipa, seperti pada gambar 2.11(a), senantiasa mengimbaskan atau menginduksikan rerugi yang lebih besar dari pada rerugi gesekan Moody karena pemisahan aliran pada dinding dan aliran sekunder yang berpusar yang timbul dari percepatan memusat. Rerugi lubang masuk sangat tergantung pada geometri lubang masuk itu, dimana lubang masuk lengkungan elbow yang ditumpulkan dengan baik mempunyai rerugi yang hampir bisa diabaikan (gambar 2.9), dengan K hanya 0,05 (Frank M. White, 1988). Efek yang tidak diharapkan ini disebabkan oleh pemisahan aliran total dalam pembaur bersudut besar, yang akan segera terlihat bila kita mempelajari lapisan batas.

Dan jika pemuaiian atau perbesaran penampang pada lubang keluar pada elbow 90°, reruginya sama sekali berbeda. Gambar 2.11(b) menunjukkan rerugi dalam ekspansi yang sama dengan gambar 2.11(a). Dalam hal ini terjadi penyebaran dalam datanya, tergantung pada keadaan lapisan batasnya. Lapisan batas seperti pada profil diatas memberikan rerugi yang lebih besar dibandingkan dengan sambungan elbow yang mengalami penyempitan penampang, karena sebuah pembaur memang

dimaksudkan untuk menaikkan tekanan statis aliran. Data pembaur memberikan koefisien pulihan tekanan aliran

2.7 Tabung Pitot (*Pitot Tube*)

Tabung pitot adalah alat ukur yang kita gunakan untuk mengukur kelajuan gas/udara. Seperti pada Gambar 2.11 di bawah ini :



Gambar 2.12 Bentuk dan Penempatan Tabung Pitot dan Pipa U (Agriethra, 2011)

Lubang pada titik 1 sejajar dengan aliran udara. Posisi kedua lubang ini dibuat cukup jauh dari ujung tabung pitot, sehingga laju dan tekanan udara di luar lubang sama seperti laju dan tekanan udara yang mengalir bebas. Dalam hal ini, v_1 = laju aliran udara yang mengalir bebas (ini yang akan kita ukur), dan tekanan pada kaki kiri manometer (pipa bagian kiri) = tekanan udara yang mengalir bebas (P_1). Lubang yang menuju ke kaki kanan manometer, tegak lurus dengan aliran udara. Karenanya, laju aliran udara yang melewati lubang ini (bagian tengah) berkurang dan udara berhenti ketika tiba di titik 2. Dalam hal ini, $v_2 = 0$. Tekanan pada kaki kanan manometer sama dengan tekanan udara di titik 2 (P_2) (Agriethra, 2011).

$$P_1 + \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad , \text{dimana } v_2 = 0 \dots\dots\dots (2.21)$$

$$P_1 + \rho v_1^2 = P_2 \quad \text{Persamaan 1} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana : ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

Perbedaan tekanan ($P_2 - P_1$) = tekanan hidrostatik zat cair dalam manometer (warna hitam dalam manometer adalah zat cair). Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut:

$$P_1 - P_2 = \rho' g h \quad \text{Persamaan 2} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana : ρ' = massa jenis zat cair dalam manometer (kg/m^3)

Maka dapat dijadikan persamaan seperti di bawah ini :

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 = \rho' g h \dots\dots\dots (2.24)$$

$$v_1^2 = \frac{2 \rho' g h}{\rho} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \rho' g h}{\rho}} \dots\dots\dots (2.26)$$

2.8 Blower

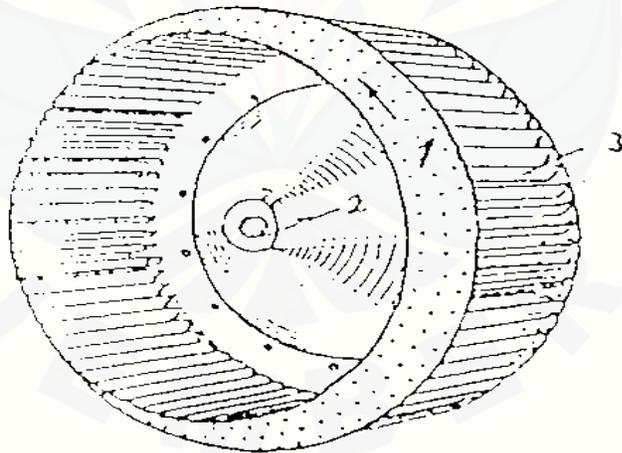
Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Bila untuk keperluan khusus, blower kadang-kadang diberi nama lain misalnya untuk keperluan gas dari dalam *oven kokas* disebut dengan nama *exhouter*. Di industri-industri kimia alat ini biasanya digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu di dalam tahap proses-proses secara kimiawi dikenal dengan nama *booster* atau *circulator* (Chapter2, 2010). Secara umum blower dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu :

2.8.1 Sentrifugal Blower

Blower sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu *impeller* atau lebih yang dilengkapi dengan sudu-sudu yang dipasang pada poros yang berputar yang diselubungi oleh sebuah rumah (*casing*). Udara memasuki ruang *casing* secara horizontal akibat perputaran poros maka ruang pipa masuk menjadi vakum lalu udara dihembuskan keluar. Dari bentuk sudut (*blade*) *impeller* ada 2 jenis yaitu :

a. *Forward Curved Blade*

Forward Curved adalah bentuk *blade* yang arah lengkung bagian ujung terpasang di atas searah dengan putaran roda. Pada *forward curved* terdapat susunan *blade* secara paralel (*multi blade*) keliling *shroud*. Karena bentuknya, maka pada jenis ini udara atau gas meninggalkan *blade* dengan kecepatan yang tinggi sehingga mempunyai *discharge velocity* yang tinggi dan setelah melalui *housing scroll* sehingga diperoleh energi potensial yang besar. Bagan konstruksi alat ini diperlihatkan pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 *Forward Curved Blade* (Manurung B.H., 2012)

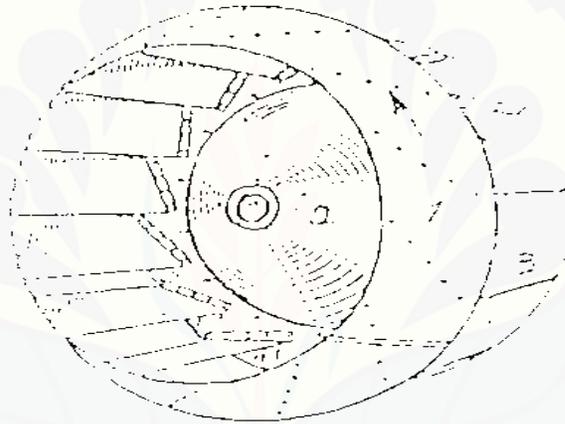
Keterangan Gambar 2.13 :

1. *Shroud*
2. *Hub* (pusat)

3. *Blade* (bilah/pisau)

b. *Backward Curved Blade*

Tipe ini mempunyai susunan *blade* yang sama dengan *forward curved blade*, hanya arah dan *sudu blade* akan mempunyai sudut yang optimum dan merubah energi kinetik ke energi potensial (tekanan secara langsung). Blower ini didasarkan pada kecepatan sedang, akan tetapi memiliki *range* tekanan dan volume yang lebar sehingga membuat jenis ini sangat efisien untuk *ventilator*. Untuk jelasnya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Backward Curved Blade* (Manurung B.H., 2012)

Keterangan gambar 2.14 :

1. *Shroud*
2. *Hub* (pusat)
3. *Blade* (bilah / pisau)

Di dalam pemakaiannya dirancang untuk tekanan statis yang tinggi pada kapasitas yang kecil. Namun demikian perkembangan saat ini jenis bentuk *radial blade* dibuat pelayanan tekanan dan kecepatan putaran tinggi.

2.8.2 Positive Displacement Blower

Pada dasarnya blower jenis ini udara atau gas dipindahkan volume per volume dalam ruangan yang disebabkan adanya pergerakan elemen *impeller* yang berputar karena adanya penambahan massa udara atau gas yang dipindahkan. Yang termasuk dalam *positive displacement blower* adalah *vane blower*.

2.9 Hipotesis Penelitian

Hipotesa menurut hukum kontinuitas laju aliran massa yang masuk ke dalam suatu volume harus sama dengan laju aliran massa keluar. Maka semakin panjang jarak katup kecepatan semakin rendah sehingga *head losses* total semakin rendah.

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh jarak katup tipe ekspansi pada *elbow* 90⁰ terhadap penurunan *head losses* pada aliran udara.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, dan waktu penelitian berlangsung selama 2 bulan mulai bulan Oktober s/d Desember.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Blower dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - a. Kecepatan: 16000 rpm
 - b. Daya : 650 Watt
 - c. Voltase : 220 V/50 Hz
 - d. Dimensi : 29 x 46 x 23 cm
 - e. Berat : 2,5 Kg
 - f. *Air Pressure* : 5,5 KPa
2. *Pitot tube*
3. Manometer U
4. Anemometer
5. Regulator tegangan
6. Penggaris

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1. Memakai fluida udara
2. Menggunakan Pipa logam 1,5 inci dan 3,5 inci
3. *Elbow 90^o* menggunakan pipa logam 1,5 inci

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang ketentuannya bisa divariasikan sesuai dengan tujuan peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah jarak katup 2 cm, 3 cm, 4 cm,

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang diperoleh dari pengujian *head losses* pada sambungan *elbow 90^o* :

1. Kecepatan udara (v)
2. Penurunan tekanan (ΔP)
3. Nilai *head losses* (h)

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian ini dilaksanakan terlebih dahulu mempersiapkan dan mengontrol alat dan bahan penelitian. Alat dan bahan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan tempat kedudukan alat uji;
2. Memasang blower sesuai dengan tempat yang diinginkan;

3. Mempersiapkan tabung pitot dan manometer U yang akan digunakan untuk mengukur perbedaan ketinggian (Δh) pada manometer U;
4. Mempersiapkan pipa lurus diameter 1,5 inci dan *elbow* 90°
5. Memasang instalasi alat uji pada pipa lurus diameter 1,5 inci dengan *elbow* dan tabung 3,5 inci;
6. Memasang tabung pitot dan manometer U pada pipa lurus tepat pada sebelum belokan sebagai P1
7. Memasang tabung pitot dan manometer U pada tabung 3,5 inci sesuai dengan titik pengukuran P₂ yang di tentukan sesuai jarak katup;
8. Mengecek semua alat yang dipergunakan pada instalasi seperti blower, manometer U, dan pengatur tegangan voltase blower;
9. Menjalankan dan mengatur tegangan voltase blower dan mencatat beda ketinggian (Δh) yang keluar pada alat ukur manometer U;
10. Mematikan blower;
11. Melepas instalasi alat uji, dan;
12. Mengulang langkah 5 – 10 dengan variasi

3.5.2 Tahapan Penelitian

Pengujian *head losses* pada *elbow* 90° dan ekspansi tiba-tiba. Dengan variasi ketinggian katup sebesar 2cm, 3cm, dan 4cm.

1. Tahap persiapan pengambilan data

Setelah proses penyusunan rangkaian alat uji sistem perpipaan sudah selesai, maka dilakukan percobaan atau pengecekan alat uji terlebih dahulu. Pengecekan ini dilakukan agar alat uji bekerja sesuai dengan prosedur yang diinginkan.

2. Tahap Pengambilan Data

Tahapan proses pengambilan data ini adalah sebagai berikut: mengatur blower dengan kecepatan 16000 rpm, mencatat beda ketinggian (Δh) manometer U pada setiap titik pengujian pada jarak katup 2 cm, 3 cm, dan 4

cm, menghitung kecepatan aliran udara, menghitung debit fluida, dan menghitung penurunan tekanan.

3.5.3 Pengolahan Data

Dari hasil penelitian diperoleh nilai beda ketinggian (Δh) untuk kecepatan dan beda ketinggian (Δh) untuk tekanan pada manometer U dan kemudian dicatat dalam Tabel 3.1. Dari hasil penelitian yang diperoleh tersebut dapat dijadikan sebagai dasar untuk menghitung kecepatan aliran fluida (v), debit fluida (Q), penurunan tekanan (P), dan *head losses* (h) sesuai dengan rumus yang telah ditentukan. Setelah diperoleh hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan variasi jarak katup.

Tabel 3.1 Pengambilan Data pada jarak katub

Hasil penelitian dari pengambilan data sebelum elbow 90° dengan variasi jarak katup

ΔV Kecepatan			
P	2 cm (m)	3 cm (m)	4 cm (m)
1			
2			
3			

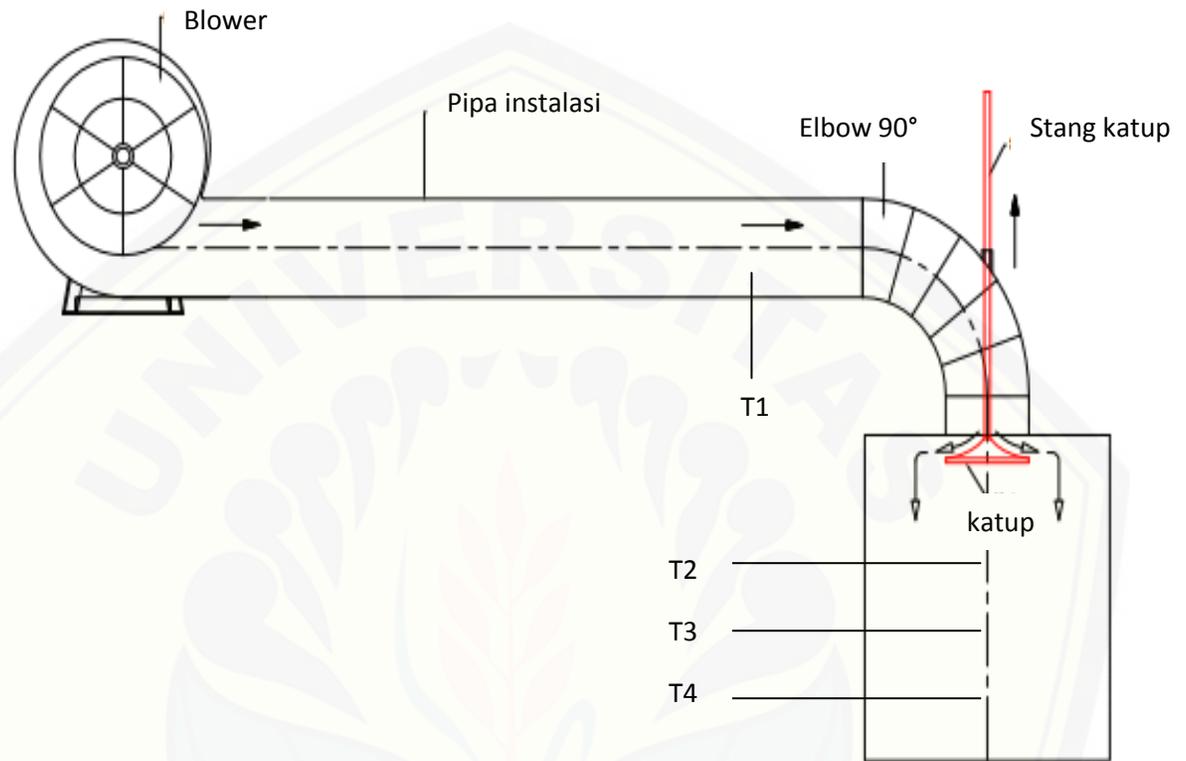
Δh Tekanan			
P	2 cm (m)	3 cm (m)	4 cm (m)
1			
2			
3			

Hasil dari penelitian jarak katup 2 cm dengan variasi jarak tabung pitot

ΔV Kecepatan			
P	7 cm (m)	8 cm (m)	9 cm (m)
1			
2			
3			

Δh Tekanan			
P	7 cm (m)	8 cm (m)	9 cm (m)
1			
2			
3			

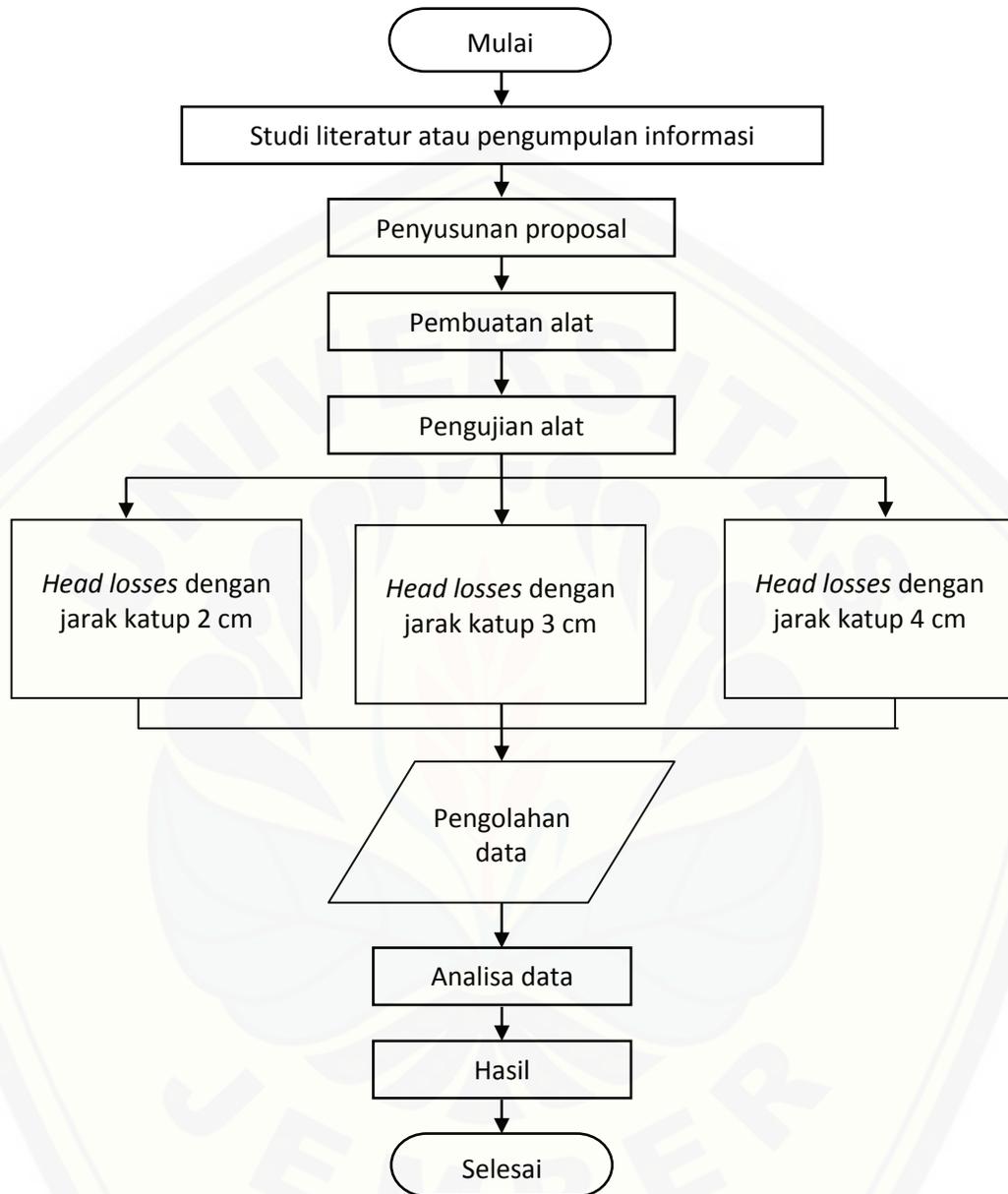
3.6 Skema Alat Uji



Gambar 3.1 Skema Alat Uji

3.7 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan tahap-tahap penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian *headlosses* sambungan *elbow*90° tipe ekspansi pada penyuplaian udara untuk proses pembakaran dengan variasi jarak katup 2 cm, 3 cm, 4cm dan jarak alat ukur terhadap katup 7 cm, 8 cm, 9cm.

1. Posisi alat ukur dalam pipa membedakan kecepatan dan tekanan, dimana kecepatan tertinggi pada pengukuran sebelum *elbow*90° berada di tengah-tengah pipa atau pada posisi alat ukur 2 dan kecepatan terendah terjadi di tepi dinding pipa atau pada posisi alat ukur 1 dan 3, sedangkan tekanan sebaliknya. Pada titik pengukuran setelah *elbow*90° dan pembesaran mendadak kecepatan tertinggi terjadi pada posisi alat ukur 1 dan 3 kecepatan terendah terjadi pada posisi alat ukur 2, sedangkan tekanan tertinggi terjadi pada posisi alat ukur 2 dan tekanan terendah terjadi pada posisi alat ukur 1 dan 3.
2. Nilai *Headlosses* mayor katup 2cm ; 0,59 m, 3 cm ; 0,58m, 4cm ; 0,55m,
3. Nilai *Headlosses* minor katup 2 cm setelah belokan : 1,28m, 0,98m, 0,14m, akibat pembesaran hl : 6,08m, 4,6m, 0,68m. katup 3cm setelah belokan : 1,25m, 0,67m, 0,1m, akibat pembesaran hl : 5,94m, 3,18m, 0,49m, . katup 3cm setelah belokan : 1,19m, 0,40m, 0,06m, akibat pembesaran hl; 5,64m, 1,88m, 0,30m.
4. *Headlosses* total yang paling tinggi terjadi pada variasi jarak katup 2 cm dan jarak alat ukur 7 cm terhadap katup sebesar 7,03 m. dan *headlosses* total terendah pada variasi 4cm pada jarak alat ukur sebesar 9cm dari katup.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat di berikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk menghasilkan data yang lebih detail dan akurat, maka harus menggunakan alat ukur yang lebih presisi dari manometer U. Karena manometer U nilai yang dapat di baca adalah 1 mm.
2. Dan untuk pipanya lebih baik untuk penelitian satu variasi menggunakan 1 bahan pipa agar hasilnya lebih sempurna.
3. Agar pola aliran dalam pipa lebih jelas lebih baik jumlah titik pengukuran lebih banyak kalau bisa titik pengukura memutar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agriethira. 2011. *Hukum Bernoulli*.(online). (Sumber: <http://agiet27.wordpress.com/2011/03/07/hukum-bernoulli/>, diakses 20 Juli 2014).
- Andhy, 2013. Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup.
- Chapter II. 2011. *Bab II Dasar Teori*. (online).
(Sumber:<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/33133/4/Chapter%20II.pdf>. diakses 12 Agustus 2014).
- Ferguson, 1985. Efektif atau aktual daerah dan daerah aliran geometris. (internet).
- Haruo, Tahara dan Sularso. 2000. *Pompa dan Kompresor. Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan (Terjemahan)*. Jakarta: PradnyaPramita.
- Helmizar.2011. *Studi Eksperimental Tentang HeadLoss Pada Aliran Fluida Yang Melalui Elbow 90°*.Jurnal teknik Mesin, vol 5 No. 1: 26 – 31.
- Heywood, 1988. kondisi aliran di dalam silinder sangat penting untuk proses pembakaran. (internet). Dan pengaruh katup.
- ITB, Modul 1.01. 2001. *Aliran Fluida*. Departemen Teknik Kimia ITB, 1-17.
- Malau, Juhari. 2012. *Analisa Pressure Drop Pada Sistem PerpipaanFuel Oil Boiler Pada PT.PLN Pembangkitan Sumatera Bagian Utara Sicanang – Belawan Dengan Menggunakan Pipe FlowExpert*. Jurnal e-Dinamis, Volume 3, No. 3.
- Manurung, Benari H. 2012. *Sistem Pemeliharaan Dan Cara Kerja Peralatan Blower Di Pabrik Mini PTKI – Medan*. Medan: Skripsi Universitas Sumatera Utara
- Miller, Donald S, 1978. Koefisien Kerugian Untuk Diffusers.
- Munson, *etal*. 2002. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Paul* Beeny,Ganesan2. V. International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 80-91.

Raswari.1986. *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI – Pres).

Solanki (2015). Faktor *plenum* dan *runner* terhadap *intake manifold*.

Salimin. 2009. *Pengaruh Perubahan Aliran Terhadap Koefisien Kerugian*. Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.1: 17-20.

Triatmojo, Bambang.1993. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Ofset.

Wahyudi, 2010. Aliran laminar dan aliran turbulen.

White, Frank.M. 1986. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.

Wicaksono, Bayu Argo dan Adiwibowo, Priyo Heru. 2014. *Pengaruh Modifikasi Intake Manifold dengan Sudut Kelengkungan sampai $\frac{3}{4}$ Putaran (270°) terhadap Unjuk Kerja Mesin Supra X Tahun 2002*. Surabaya: JTM. Volume 03 Nomor 02.

Wright dan Olson.1993. *Dasar – Dasar Mekanika Fluida Teknik*. Jakarta: PT Grila Pustaka Utama.

Zainudin, dkk. 2012. *Analisis Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa*. Jurnal ISSN: 2088-088x, Vol 2 No. 2: 14-22.

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN

Tabel L1.1 Hasil Penelitian pada Variasi Jarak katup 2 cm, 3cm, 4 cm dan jarak alat ukur 7 cm, 8 cm, dan 9 cm.

Δh Kecepatan			
P	2cm (m)	3cm (m)	4cm (m)
1	0,0120	0,0120	0,0110
2	0,0140	0,0135	0,0130
3	0,0125	0,0120	0,0115

Δh Tekanan			
P	2cm (m)	3cm (m)	4cm (m)
1	0,0330	0,0335	0,0340
2	0,0320	0,0330	0,0330
3	0,0330	0,0330	0,0340

L1.1 Perhitungan Kecepatan Fluida

Menggunakan rumus:

$$v = \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho}}$$

Dimana: v = kecepatan fluida (m/s)

ρ' = massa jenis zat cair dalam manometer pada suhu 25°C = 997,1 kg/m³

ρ = massa jenis udara pada suhu 37°C = 1,137 kg/m³

g = gravitasi bumi = 9,80665 m/s²

h = selisih ketinggian air pada manometer (m)

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \times 997,1 \times 9,80665 \times 0,012}{1,137}} = 14,37 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \times 997,1 \times 9,80665 \times 0,014}{1,137}} = 15,53 \text{ m/s}$$

$$V_3 = \sqrt{\frac{2 \times 997,1 \times 9,80665 \times 0,0125}{1,137}} = 14,67 \text{ m/s}$$

L1.2 Perhitungan Tekanan

Menggunakan rumus:

$$P = \rho' g h$$

Dimana: P = Tekanan (N/m^2)

ρ' = massa jenis zat cair dalam manometer pada suhu $25^\circ\text{C} = 997,1 \text{ kg/m}^3$

g = gravitasi bumi = $9,80665 \text{ m/s}^2$

h = selisih tekanan statis pada manometer (m)

Maka perhitungannya sebagai berikut:

$$P_1 = 997,1 \times 9,80665 \times 0,033 = 322,97 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 997,1 \times 9,80665 \times 0,032 = 313,17 \text{ N/m}^2$$

$$P_3 = 997,1 \times 9,80665 \times 0,033 = 322,97 \text{ N/m}^2$$

L1.3 Perhitungan Nilai *Head Losses* Mayor

Tabel L1.2 Hasil Perhitungan Kecepatan Rata-rata

Sebelum Belokan		
v_I (m/s)	v_{II} (m/s)	v_{III} (m/s)
14,85	14,75	14,26
Variasi Katup 2 cm		
v_I (m/s)	v_{II} (m/s)	v_{III} (m/s)
13,44	11,74	4,49
Variasi Katup 3 cm		
v_I (m/s)	v_{II} (m/s)	v_{III} (m/s)
13,28	9,72	3,80
Variasi Katup 4 cm		
v_I (m/s)	v_{II} (m/s)	v_{III} (m/s)
12,96	7,48	3,01

Menggunakan rumus:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana: h_f = *head losses mayor* (m)

f = faktor gesekan (Diagram Moody) = 0,023

L = panjang pipa = 1,5 m

D = diameter pipa = 0,04445 m

v = kecepatan fluida (m/s)

g = gravitasi bumi = 9,80665 m/s²

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$hf = 0,023 \times \frac{1,5}{0,04445} \times \frac{14,85^2}{2 \times 9,80665} = 0,59 \text{ m}$$

$$hf = 0,023 \times \frac{1,5}{0,04445} \times \frac{14,75^2}{2 \times 9,80665} = 0,58 \text{ m}$$

$$hf = 0,023 \times \frac{1,5}{0,04445} \times \frac{14,26^2}{2 \times 9,80665} = 0,55 \text{ m}$$

L1.4 Perhitungan Nilai *Head Losses* Minor

Menggunakan rumus:

$$h_m = k_{kb} \frac{v^2}{2g}$$

Dimana: h_m = head losses minor (m)

k_{kb} = koefisien kerugian belokan

$$k_{kb} = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

$$k_{kb} = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{1,75}{2 \times 4} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,139$$

v = kecepatan fluida (m/s)

g = gravitasi bumi = 9,80665 m/s²

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$hm = 0,139 \frac{13,44^2}{2 \times 9,80665} = 1,28 \text{ m}$$

$$hm = 0,139 \frac{11,74^2}{2 \times 9,80665} = 0,94 \text{ m}$$

$$hm = 0,139 \frac{4,49^2}{2 \times 9,80665} = 0,14 \text{ m}$$

$$K_L = \left(1 - \frac{A1}{A2}\right)^2$$

A1 = luas penampang pipa 1

A2 = luas penampang pipa 2

$$Kl = \left(1 - \frac{18,07}{58,06}\right) = 0,66$$

$$hl = 0,66 \frac{13,44^2}{2 \times 9,80665} = 6,08 \text{ m}$$

$$hl = 0,66 \frac{11,74^2}{2 \times 9,80665} = 4,64 \text{ m}$$

$$hl = 0,66 \frac{4,49^2}{2 \times 9,80665} = 0,68 \text{ m}$$

L1.5 Perhitungan *Head Losses* Total

Menggunakan rumus:

$$h_t = h_{f1} + h_{m1} + h_{l1}$$

Dimana : h_t = *head losses* total (m)

h_{f1} = *head losses* mayor pada kecepatan variasi katup 2 cm

h_{m1} = *head losses* minor pada kecepatan jarak alat ukur 7 cm dari variasi katup 2 cm pengaruh belokan

h_{l1} = *head losses* minor pada kecepatan jarak alat ukur 7 cm dari variasi katup 2 cm pengaruh pembesaran

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$h_t = h_{f1} + h_{m1} + h_{l1}$$

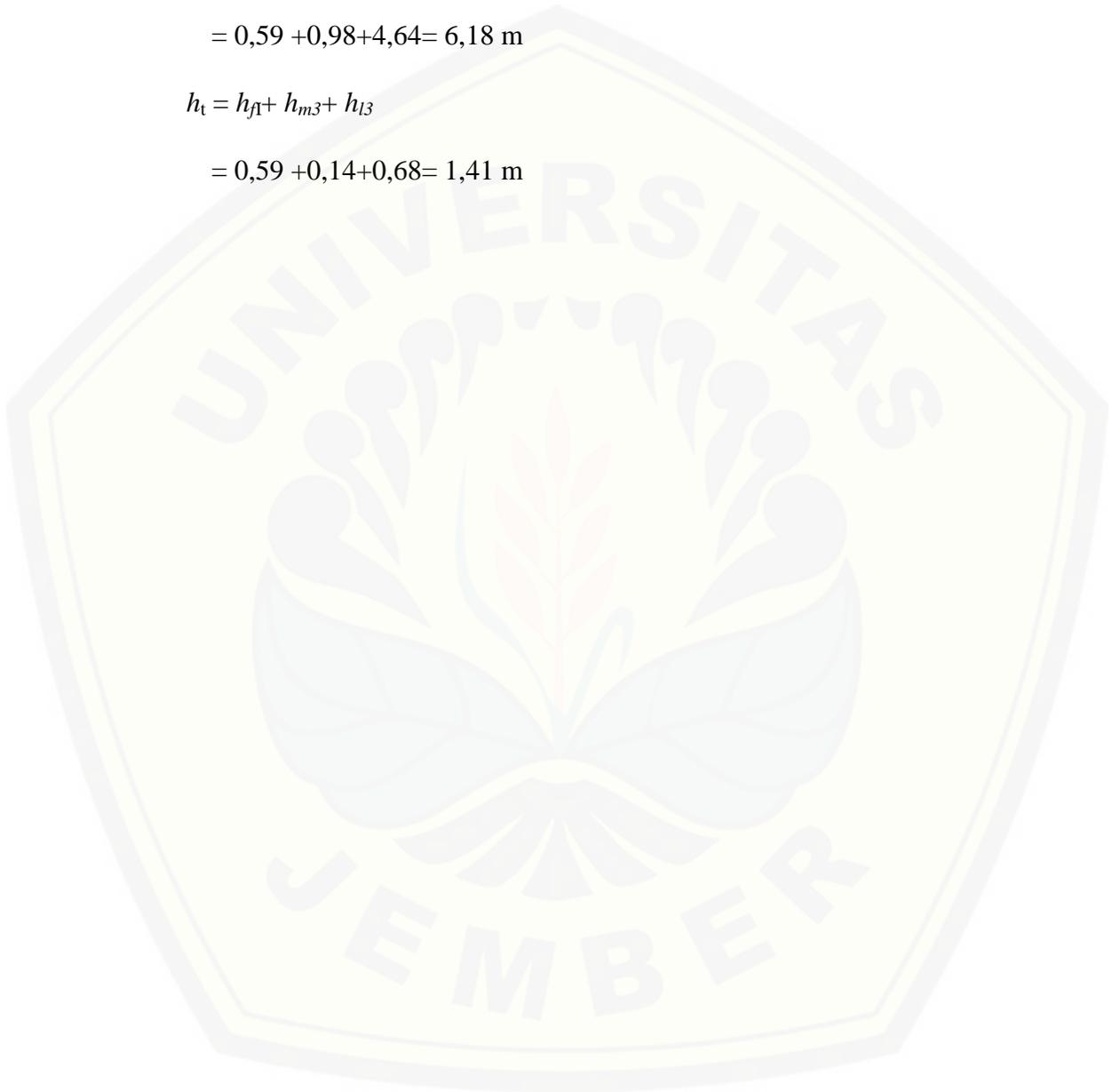
$$= 0,59 + 1,28 + 6,08 = 7,95 \text{ m}$$

$$h_t = h_{f1} + h_{m2} + h_{l2}$$

$$= 0,59 + 0,98 + 4,64 = 6,18 \text{ m}$$

$$h_t = h_{f1} + h_{m3} + h_{l3}$$

$$= 0,59 + 0,14 + 0,68 = 1,41 \text{ m}$$



LAMPIRAN 2 TABEL

L2.1 Hasil Perhitungan Kecepatan dan Tekanan Pada variasi katup 2cm, 3cm, 4cm dan Variasi Jarak Alat Ukur Terhadap Katup

Tabel L2.1 Hasil Perhitungan Kecepatan dan Tekanan pada Variasi katup

Δv Kecepatan (m/s)			
P	2cm	3cm	4cm
1	14,37312	14,37312	13,76121
2	15,52474	15,24499	14,96002
3	14,6695	14,37312	14,07049

ΔP Tekanan (N/m ²)			
P	2cm	3cm	4cm
1	322,9739	327,8674	332,7609
2	313,1868	322,9739	322,9739
3	322,9739	322,9739	332,7609

Δv Kecepatan(m/s)			
P	7cm	8cm	9cm
1	13,44482	11,7356	6,560401
2	0	0	-4,149162
3	13,44482	11,7356	6,560401

ΔP Tekanan (N/m ²)			
P	7cm	8cm	9cm
1	-44,0419	-39,1483	-34,2548
2	-39,1483	-34,2548	-24,4677
3	-44,0419	-39,1483	-34,2548

Δv Kecepatan (m/s)			
P	7cm	8cm	9cm
1	13,1208	9,277808	5,867801
2	0	0	4,149162
3	13,44482	10,16333	5,867801

Δh Tekanan(N/m ²)			
P	7cm	8cm	9cm
1	-44,0419	-34,2548	-29,3613
2	-39,1483	-29,3613	-19,5742
3	-44,0419	-34,2548	-29,3613

ΔV Kecepatan (m/s)			
P	7cm	8cm	9cm
1	12,7885	7,1865	5,0816
2	0,0000	0,0000	-4,1491
3	13,1208	7,7623	5,0816

ΔP Tekanan(N/m^2)			
P	7cm	8cm	9cm
1	-39,1483	-39,1483	-24,4677
2	-34,2548	-29,3613	-19,5742
3	-39,1483	-39,1483	-24,4677

L2.2 Hasil Perhitungan *Head Losses* Total pada Variasi katup 2cm, 3cm, 4cm pada Jarak Alat Ukur 7cm, 8cm, 9cm dengan katup

Tabel L2.2 Hasil Perhitungan *Head Losses* Total pada Variasi Jarak Katup 2cm

Posisi katup	h_{II} (m)	h_{III} (m)	h_{III} (m)
2cm	7,95	6,18	1,41

Tabel L2.3 Hasil Perhitungan *Head Losses* Total pada Variasi Jarak Katup 3cm

<i>Headlosses</i> total (m)			
Posisi katup	h_{II} (m)	h_{III} (m)	h_{III} (m)
3cm	7,77	4,43	1,17

Tabel L2. 4 Hasil Perhitungan *Head Losses* Total pada Variasi Jarak Katup 4cm

<i>Headlosses</i> total (m)			
Posisi katup	h_{II} (m)	h_{III} (m)	h_{III} (m)
4cm	7,38	2,83	0,91

LAMPIRAN 3 GAMBAR



Gambar L3.1 Tabung Pitot



Gambar L3.2 Manometer U



Gambar L3.3 Anemometer



GambarL3.4 PengaturTegangan



GambarL3.5 *Hand Blower*



GambarL3.6 *Flow Conditioner*