

**PENGARUH TEBAL PLAT PERFORASI TERHADAP KERUGIAN
HEAD ALIRAN FLUIDA PADA BELOKAN PIPA**

SKRIPSI

KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh:

BAMBANG POEDJI PURWODIHARJO PUTRA

NIM. 0110620024-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2007

**PENGARUH TEBAL PLAT PERFORASI TERHADAP KERUGIAN
HEAD ALIRAN FLUIDA PADA BELOKAN PIPA**

SKRIPSI

KONSENTRASI KONVERSI ENERGI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh:

**BAMBANG POEDJI PURWODIHARJO PUTRA
NIM. 0110620024-62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Djoko Sutikno, M.Eng
NIP. 131 276 249

Putu Hadi Setyarini, ST., MT
NIP. 132 304 301

**PENGARUH TEBAL PLAT PERFORASI TERHADAP KERUGIAN
HEAD ALIRAN FLUIDA PADA BELOKAN PIPA**

Disusun Oleh:

BAMBANG POEDJI PURWODIHARJO PUTRA
NIM. 0110620024-62

**Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 17 Januari 2007**

DOSEN PENGUJI

Penguji Skripsi I

Ir. I Made Gunadiarta, MT
NIP. 130 604 495

Penguji Skripsi II

Dr.Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc
NIP : 131 411 121

Penguji Komprehensif

Ir. Pratikto, M.MT
NIP. 130 928 864

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Bambang Indrayadi, MT
NIP. 131 653 469

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran **ALLAH SWT** yang telah memberikan rahmat & hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini sampai lulus dan berjuang sesuai dengan jalan yang diridhoi-Nya tak lupa salam & shalawat kepada **Nabi Muhammad SAW** yang telah berjuang dan membawa kita ke masa yang penuh rahmat.

> Untuk **keluarga tercinta**, Ayahanda Sudarmadji dan Ibunda Lela yang telah bersabar membesarkan & juga telah memberikan banyak sumbangsih moral maupun materi, serta doa kepada anaknya ini, Pamanku Didik Santoso, Adikku Djoko "Mr. Dj" yang banyak membantuku dalam segala hal. Sukses Robotnya yaa and cepet lulus nyusul aq.

> **Keluarga Besar Laboratorium Fenomena Dasar Mesin** [Pak Bagong, Pak Eko, Pak Sofyan, Pak Choiron, Pak Anindito, Pak Djarot, Pak Ari, Lek Joko]

> Dosen Pembimbingku Pak Djoko dan Mbak Didin yang udah dengan sabar membimbing and banyak memberi masukan hingga saya jadi ST

> **All Phenomena**. [Mas Firman "The Man", Yayah, Jibon, Qomez, Oka, Kerizs, Idy ojo dotaan ae, Sutank, Marganing, Cepz, Bowo, Ari thanks atas printernya, Zia, Ipung "Boyz" ayo sinau solidworks, Deni pecelnya enyak2 heee... ,] ayoo buat Lab FDM maju teruss and lebih baik lagi

> **All MIT's** [Siwerr ayo kapan CSan lagi and cepet lulus, Fatimi, Gasim, Ronny ojo kartunan aee, Aris, Indro, Yudi's, Danoe, Tatas and semuanya yang lum saya sebutkan, sorry lali jenengee kabeili]

> **All my friends's M'01** [Joko, Ali & Riske thanks traktirannya, Nury, Aziz kucing, Nova, Indah surwun bukune, Ismi, Nafisah, Isya, Agus surwun klambine, Kuro and semuanya yang gak bisa saya sebutkan satu-persatu]....bagi yang udah sukses jangan lupain temen2nya yang lum kerjo & yang lum lulus and masih jobseeker tetep semangat!!!

> **All M'02** yang udah gunduli and coret2 badanku abisssss [My brother pentol surwun seng akeh yoo udah rela nemenin begadang di rumah Pakdhemu hee.., Malik, temen seperjuanganku, Habib surwun X-mildnya dang lulus lee, Narwi, Navi tak tunggu kompremuuu, Yogi, Firi, Richie, Bekantan sebut namaku aja ocee.., Donny konco seminarku, Dadang Eks puass aq balas dendam, and semuanyaaaa yang lum saya sebutkan..]

> Untuk **"seseorang"** yang spesial nun jauh disana makasihh atas dorongan semangat, pengorbanan & doamu selama ini, aq akan selalu mengingatmu...

THE GANG

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Tebal Plat Perforasi Terhadap Kerugian *Head* Aliran Fluida Pada Belokan Pipa”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Atas terselesaikannya penulisan skripsi ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT. selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan sekaligus dosen pembimbing skripsi I yang telah banyak memberikan bimbingan dan masukan pada penulis dalam menyusun skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Konversi Energi.
4. Ibu Putu Hadi Setyarini, ST.,MT, selaku dosen pembimbing skripsi II yang dengan penuh kesabaran telah mendampingi, membimbing dan memberikan masukan pada penulis
5. Keluarga (kedua orang tua tercinta dan saudaraku) yang telah memberikan segalanya yang terbaik untuk penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
6. Dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan juga bagi pembaca pada umumnya. kritik dan saran kami harapkan untuk memperbaiki isi skripsi ini sehingga dapat lebih baik.

Malang, Januari 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	vii
RINGKASAN	viii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya.....	3
2.2. Fluida	4
2.2.1. Definisi Fluida	4
2.2.2. Viskositas	5
2.2.3. Lapisan Batas/ <i>Boundary Layer</i>	7
2.3. Klasifikasi Fluida.....	7
2.3.1. Fluida Newtonian dan Fluida non-Newtonian.....	7
2.3.2. Fluida mampu mampat dan Fluida tak mampu mampat.....	8
2.4. Bilangan <i>Reynold</i>	8
2.4.1. Aliran Laminer dan Turbulen	9
2.5. Aliran Fluida dalam pipa	10
2.5.1. Analisis aliran dalam pipa dengan penampang bundar (Hukum Kontinuitas)	10
2.5.2. Persamaan <i>Bernoulli</i>	11
2.5.3. <i>Minor Losses</i> pada belokan pipa.....	12

2.6.	Vortex.....	13
2.7.	Plat perforasi.....	15
2.7.1.	Definisi Plat Perforasi.....	15
2.7.2.	Jenis Plat Perforasi.....	16
2.7.	Hipotesis.....	18

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Metode Penelitian.....	19
3.2.	Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	19
3.3.	Prosedur Penelitian.....	19
3.4.	Peralatan Penelitian.....	20
3.5.	Instalasi Penelitian.....	23
3.6.	Variabel Penelitian.....	25
3.7.	Metode Pengambilan Data.....	25
3.8.	Diagram Alir Penelitian.....	27

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Pengolahan Data.....	28
4.2.	Perhitungan/ Pengolahan Data.....	28
4.3.	Data Hasil Perhitungan.....	30
4.4.	Analisis Grafik.....	33
4.4.1.	Analisis Grafik Hubungan Beda Tekanan dan Kerugian <i>Head</i> Terhadap Bilangan <i>Reynold</i>	33
4.4.2.	Analisis Grafik Hubungan Koefisien Kerugian <i>Head</i> dan Bilangan <i>Reynold</i>	36

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

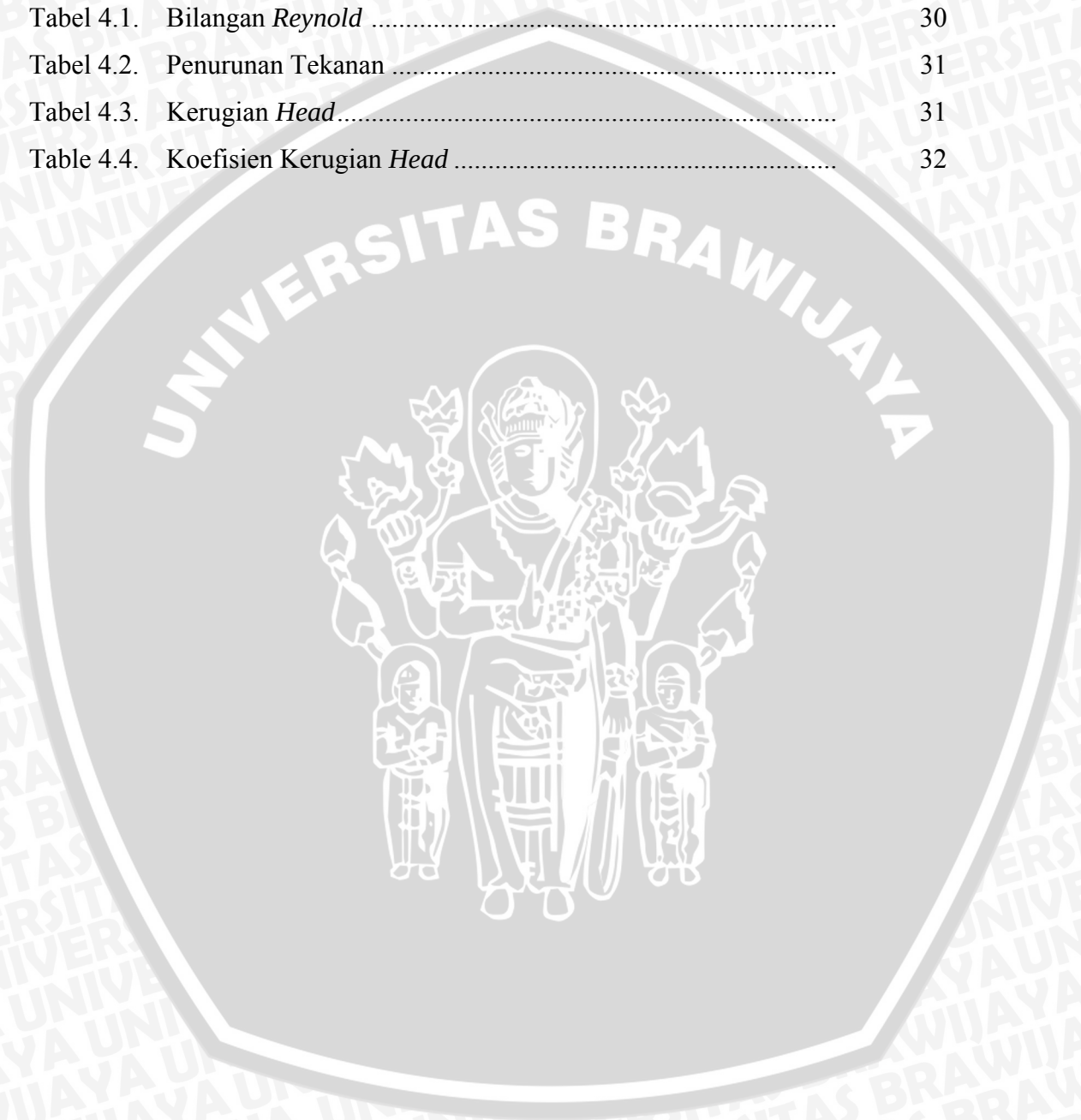
5.1.	Kesimpulan.....	38
5.2.	Saran.....	38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1.	Bilangan <i>Reynold</i>	30
Tabel 4.2.	Penurunan Tekanan	31
Tabel 4.3.	Kerugian <i>Head</i>	31
Table 4.4.	Koefisien Kerugian <i>Head</i>	32



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Hal
Gambar 2.1.	Perubahan bentuk yang diakibatkan oleh penerapan gaya geser yang konstan.....	4
Gambar 2.2.	Viskositas kinematik berbagai fluida pada 1 atm	6
Gambar 2.3.	Struktur Boundary Layer	7
Gambar 2.4.	Fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian.....	8
Gambar 2.5.	Aliran Laminer.....	9
Gambar 2.6.	Aliran Turbulen.....	10
Gambar 2.7.	Aliran Steady dalam pipa.....	10
Gambar 2.8.	Aliran yang telah berkembang penuh antara 2 penampang dalam pipa miring	12
Gambar 2.9.	Aliran sekunder pada belokan pipa.....	13
Gambar 2.10.	Geometri <i>Vortex</i> menurut besar bilangan <i>Reynold</i>	14
Gambar 2.11.	<i>Vortex</i> 2 dimensi	14
Gambar 2.12.	Plat Perforasi.....	15
Gambar 2.13.	Aliran Fluida yang melewati plat perforasi	15
Gambar 2.14.	<i>MHI Conditioner</i>	16
Gambar 2.15.	<i>The Spearman (NEL) Conditioner</i>	16
Gambar 2.16.	<i>The Laws Conditioner</i>	17
Gambar 3.1.	Plat Perforasi Pada belokan pipa.....	20
Gambar 3.2.	Geometri Plat Perforasi.....	21
Gambar 3.3.	<i>Pressure Transmitter</i>	22
Gambar 3.4.	Tampilan <i>LabView</i>	23
Gambar 3.5.	Instalasi Pipa	24
Gambar 3.6.	Diagram Aliran Penelitian	27
Gambar 4.1.	Grafik konversi <i>pressure transmitter</i> terhadap <i>pressure gauge</i>	28
Gambar 4.2.	Grafik Hubungan Beda Tekanan dan Kerugian <i>Head</i> dengan Bilangan <i>Reynold</i>	33
Gambar 4.3.	Grafik Hubungan Koefisien Kerugian <i>Head</i> dengan Bilangan <i>Reynold</i>	36

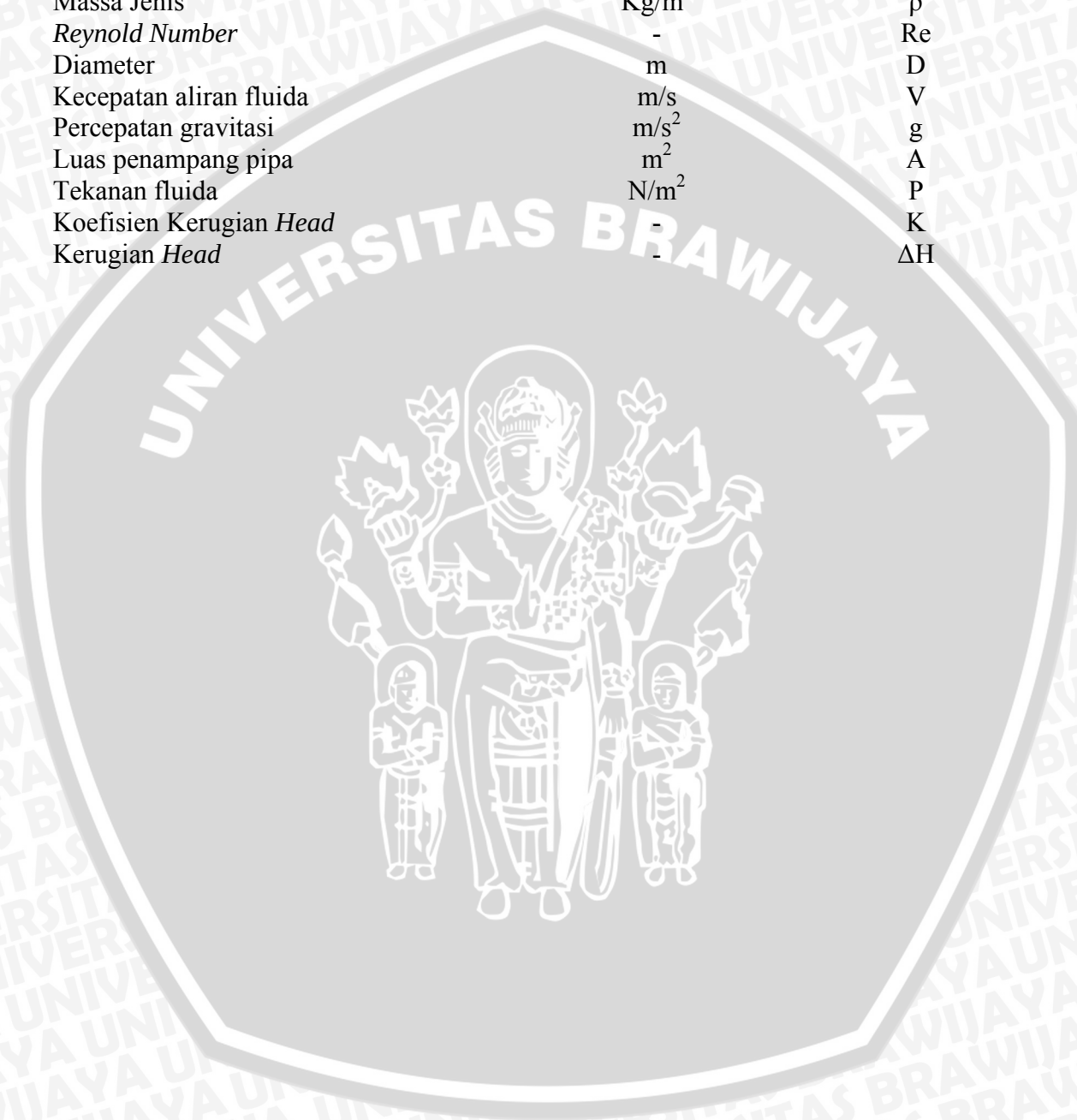
DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Tabel Properties Air (<i>Water</i>)
Lampiran 2.	<i>Datasheet pressure transmitter</i>
Lampiran 3.	Data Hasil Pengujian



DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Besaran	Satuan	Simbol
Viskositas kinematik	m^2/s	ν
Viskositas dinamik	$\text{N.s}/\text{m}^2$	μ
Massa Jenis	Kg/m^3	ρ
<i>Reynold Number</i>	-	Re
Diameter	m	D
Kecepatan aliran fluida	m/s	V
Percepatan gravitasi	m/s^2	g
Luas penampang pipa	m^2	A
Tekanan fluida	N/m^2	P
Koefisien Kerugian <i>Head</i>	-	K
Kerugian <i>Head</i>	-	ΔH



RINGKASAN

BAMBANG POEDJI PURWODIHARJO PUTRA, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2007, Pengaruh Tebal Plat Perforasi Terhadap Kerugian *Head* Aliran Fluida pada belokan pipa, Dosen Pembimbing : Ir. Djoko Sutikno, M.Eng dan Putu Hadi Setyarini, ST., MT

Aliran Fluida yang mengalir melalui belokan pipa mengalami penurunan tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan fluida yang mengalir dalam pipa lurus untuk panjang yang sama. Penurunan tekanan tersebut ditunjukkan perbedaan tekanan antara aliran fluida saat masuk dan meninggalkan belokan pipa akibat timbulnya daerah separasi yang membentuk *vortex*. Hal ini mengakibatkan terjadinya aliran sekunder yang menyebabkan penurunan tekanan yang lebih besar, sehingga untuk memperkecil penurunan tekanan yang demikian diperlukan suatu alat pengkondisi aliran (*flow conditioner*) berupa plat perforasi (plat berlubang-lubang). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tebal plat perforasi tersebut terhadap kerugian *head*, yaitu penurunan tekanan, dan koefisien kerugian *head* aliran fluida yang melalui belokan pipa.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Phenomena Dasar Mesin. Belokan pipa yang diuji dipasang pada instalasi pipa yang telah dilengkapi alat bantu pengujian seperti komputer dengan *software*-nya, *pressure transmitter*, dan *rotameter*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah plat perforasi dengan ketebalan 3; 5; dan 7mm serta debit aliran fluida yang melewati instalasi yaitu 1000; 1100; 1200; 1300; 1400; 1500; 1600; 1700; 1800; 1900; 2000 liter/ jam. Sedangkan variabel terikatnya adalah beda tekanan (Δp) diukur dengan *pressure transmitter* dan koefisien kerugian *head* yang nilainya diperoleh dari perhitungan beda tekanan tersebut.

Pengujian dilakukan pada belokan pipa berdiameter 1inchi dengan variasi tebal plat perforasi 3; 5; dan 7mm yang diletakkan pada bagian hilir belokan pipa. Untuk mengetahui kerugian *head* yang terjadi maka beda tekanan (Δp) fluida antara bagian hulu dan hilir belokan pipa diukur dengan menggunakan 2 buah *pressure transmitter* yang dihubungkan dengan komputer melalui ADC (*Analog Digital Converter*). Data yang telah terekam pada komputer diolah dengan bantuan *software LabView* sehingga diperoleh nilai rata-rata dari beda tekanan yang terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan plat perforasi dengan ketebalan (t) 7 mm menghasilkan kerugian *head* yang lebih rendah dibandingkan dengan ketebalan plat perforasi (t) 5 mm, 3 mm, dan tanpa pemasangan plat perforasi. Namun pada bilangan *Reynold* diatas 24000 pemasangan plat perforasi dengan ketebalan (t) 5mm, dan 3 mm mengakibatkan kerugian *head* yang terjadi semakin meningkat bila dibandingkan dengan tanpa pemasangan plat perforasi.

Kata kunci : tebal plat perforasi, kerugian *head*, belokan pipa, bilangan *Reynold*, koefisien kerugian *head*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu ilmu pengetahuan dalam bidang teknik mesin adalah mekanika fluida, ilmu ini merupakan salah satu ilmu pengetahuan dasar dalam bidang *rekayasa engineering*. Di dalam mekanika fluida dipelajari tentang sifat-sifat aliran fluida, baik itu fluida *incompressible* maupun *compressible*. Aliran fluida di dalam pipa merupakan salah satu pokok bahasan yang banyak mendapat perhatian dalam bidang mekanika fluida. Banyak peneliti yang telah menyampaikan kajiannya, tertuang dalam berbagai rujukan pustaka, berupa kajian teoritis dan *empiris*.

Pipa pada suatu sistem instalasi fluida mempunyai peranan yang sangat penting, mulai dari rumah tangga sampai pada sektor-sektor industri, seperti penyulingan minyak bumi, proses kimiawai, dan pengolahan limbah. Fungsi utama pipa tersebut adalah mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat lain, baik dalam bentuk cair, gas, maupun dalam bentuk massa yang terfluidisasi (Wardana, 2000). Namun dalam mengalirkan fluida dalam instalasi pipa tersebut terdapat kerugian energi berupa penurunan tekanan (*pressure drop*) akibat adanya *major losses* pada pipa lurus dan *minor losses* pada belokan, katup, ataupun pada sambungan pipa.

Pada belokan pipa terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) yang lebih besar daripada pipa lurus untuk panjang yang sama (Potter and Wiggert, 1997). Hal ini disebabkan aliran pada belokan pipa mengalami gaya sentrifugal yang memunculkan aliran sekunder (Hwang, 1996). Aliran sekunder tersebut memicu terbentuknya *vortex*, yang dapat memperbesar Δp (penurunan tekanan) pada belokan (Hanus *etal*, 2002). Semakin besarnya Δp atau meningkatnya *pressure drop* tersebut dapat menyebabkan energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida tersebut meningkat, sehingga daya pemompaan juga meningkat. Selain itu penurunan tekanan yang terlalu besar dapat menyebabkan terjadinya kavitasi dan getaran pada instalasi pipa.

Salah satu cara untuk mengurangi aliran sekunder atau *vortex* akibat adanya katup, belokan atau akibat sambungan pipa adalah dengan pemasangan suatu *flow conditioner* (alat pengkondisi aliran) berupa suatu pelat perforasi (Shao, 2001).

Oleh karena itu dalam studi *experiment* ini diteliti salah satu cara untuk mengurangi *pressure drop* akibat terjadinya *vortex* tersebut , yaitu dengan pemasangan

suatu alat pengkondisi aliran berupa plat perforasi (plat berlubang-lubang) dengan ketebalan tertentu pada bagian hilir belokan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

- Bagaimana pengaruh tebal pelat perforasi terhadap penurunan tekanan dan koefisien kerugian *head* aliran pada belokan pipa.

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas dan terfokus, maka perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Fluida kerja yang digunakan adalah air (*incompressible*)
2. Elbow (belokan) yang digunakan adalah PVC dengan diameter 1 inc
3. Jumlah lubang pada pelat perforasi yaitu 22 buah dan telah terbuat dari akrilik
4. Tebal pelat yang diteliti 3 mm, 5 mm, dan 7 mm dengan porositas 50%
5. Plat perforasi yang diteliti adalah tipe *Laws flow conditioner*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh tebal pelat perforasi terhadap penurunan tekanan dan koefisien kerugian *head* aliran fluida pada belokan pipa.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat memberikan suatu masukan yang bermanfaat bagi industri yang memanfaatkan instalasi perpipaan, dalam usaha mengurangi kerugian energi berupa penurunan tekanan (*pressure drop*) pada belokan pipa.
2. Sebagai dasar dalam mendesain dan pemilihan plat perforasi untuk mengurangi kerugian energi pada instalasi pipa.
3. Memberikan referensi tambahan bagi penelitian lebih lanjut mengenai usaha penurunan tekanan pada instalasi perpipaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Muntaha (2004), dalam penelitiannya yang berjudul "Pengaruh jumlah sudu pengarah terhadap penurunan tekanan dan koefisien kerugian aliran pada belokan pipa". Penelitian tersebut dilakukan pada belokan pipa dimana pada belokan pipa tersebut diletakkan sudu pengarah yang terbuat dari mika dengan bentuk melengkung mengikuti kontur belokan pipa. Beda tekanan diukur pada bagian hulu dan hilir belokan pipa. Hasil penelitian menyatakan bahwa semakin banyak jumlah sudu pengarah yang diletakkan pada belokan pipa maka *vortex* dan aliran sekunder yang terjadi semakin berkurang sehingga penurunan tekanan/ beda tekanan (Δp) dan koefisien kerugian *head*-nya semakin kecil.

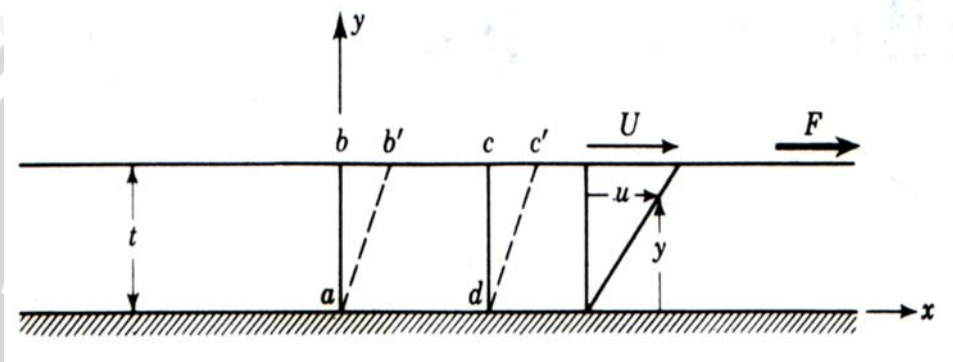
Witanto (2004), meneliti tentang "Pengaruh *perforasi* terhadap perilaku *vortex* di belokan dan penurunan tekanan pada instalasi pipa". Penelitian ini dilakukan pada belokan pipa dimana pada dinding pipa sebelum belokan pipa dibuat *perforasi* (lubang-lubang) dengan variasi lubang *perforasi*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengurangi kecepatan aksial sebelum belokan dengan cara membangkitkan aliran radial lewat *perforasi* sehingga aliran sekunder mengecil dan diameter *vortex* yang terbentuk semakin kecil. Dalam penelitiannya disimpulkan bahwa diameter *perforasi* yang terlalu besar, dapat meningkatkan koefisien gesek, sehingga tegangan geser menjadi meningkat. Akibatnya penurunan tekanan (Δp) menjadi makin meningkat.

Shao (2001), meneliti tentang "Numerical and Experimental evaluation of flow through perforated plates ". Dalam penelitiannya dijelaskan bahwa porositas dan jumlah lubang dari *perforated plate flow conditioner* dapat mempengaruhi performance dari plat *perforasi*. Penelitian dilakukan pada pipa lurus dimana plat *perforasi* diletakkan pada pipa lurus tersebut dan penurunan tekanan (Δp) diukur pada sebelum dan sesudah melewati plat *perforasi*. Dalam penelitiannya yang dilakukan secara simulasi dan eksperimen dijelaskan pula bahwa plat dengan jumlah lubang 22 buah dengan *perforasi* 50% akan menghasilkan aliran yang *fully developed* dan *losses* yang kecil.

2.2 Fluida

2.2.1 Definisi Fluida

Fluida adalah suatu zat yang berubah bentuk secara terus-menerus (kontinyu) bila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan geser tersebut. Tegangan geser ini timbul akibat adanya gaya geser. Gaya geser yang terjadi adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, kemudian gaya geser ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu. (Streeter, L. V, and Wylie, 1996 : 3)



Gambar 2.1: Perubahan bentuk yang diakibatkan oleh penerapan gaya geser yang konstan.

Sumber : Streeter, L. V, and Wylie.1996 : 4

Pada gambar 2.1 diatas dapat dilihat bahawa suatu zat yang ditempatkan di antara 2 plat yang sejajar dengan jarak yang kecil (Y) dan sedemikian luasnya sehingga pada keadaan tepi-tepinya dapat diabaikan. Pelat bagian bawah dalam keadaan diam dan pelat bagian atas bergerak dengan kecepatan U karena adanya gaya F terhadap suatu luasan A dari pelat yang bergerak

Apabila gaya F tersebut menyebabkan pelat atas bergerak dengan suatu kecepatan, betapapun sangat kecilnya gaya F , maka dapat disimpulkan bahwa zat diantara pelat tersebut adalah suatu fluida yang sedang mengalami pergerakan dengan kecepatan tertentu dan ditandai perubahan bentuk dari fluida tersebut di sepanjang saluran.

Dari percobaan-percobaan menunjukkan bahwa dengan besaran lainnya dipertahankan konstan maka F berbanding lurus dengan A dan juga dinyatakan berbanding terbalik dengan tebal dari pipa t , yang dinyatakan dengan persamaan.

$$F = \mu \cdot \frac{AU}{t} \quad (\text{Streeter.L.V and Wylie, 1991:4}) \quad (2-1)$$

Dimana :

μ = faktor kesebandingan dan pengaruh fluida yang bersangkutan tercakup didalamnya

U/t = kecepatan sudut garis ab atau laju perubahan bentuk sudut fluida dan dapat ditulis du/dy

Jika tegangan geser $\tau = F/A$, maka diperoleh persamaan :

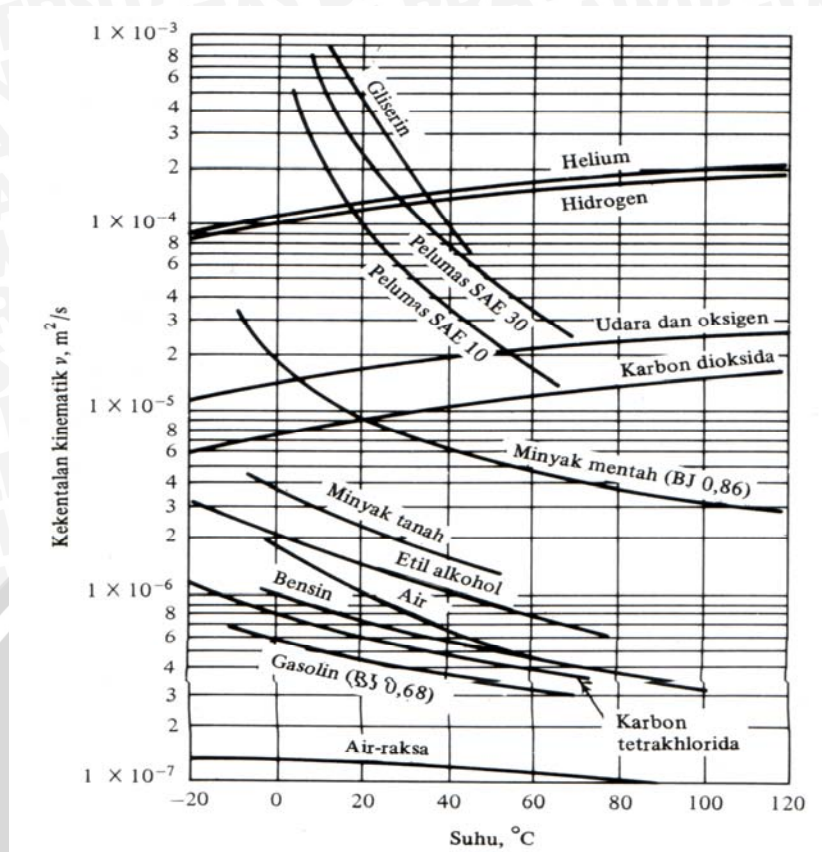
$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (\text{Streeter.L.V and Wylie, 1991:4}) \quad (2-2)$$

Bentuk diferensial di atas adalah hubungan antara tegangan geser dan laju perubahan bentuk sudut untuk aliran satu dimensi. Faktor kesebandingan μ disebut viskositas dinamik dan persamaan di atas adalah hukum viskositas Newton.

2.2.2 Viskositas

Viskositas adalah sifat fluida dalam menahan laju deformasi dari molekul fluida tersebut. Hukum Viskositas *Newton* menyatakan bahwa, untuk laju perubahan bentuk suatu fluida tertentu, merupakan fungsi dari tegangan geser dan viskositas. Contoh cairan yang sangat kental adalah larutan gula sedangkan air dan udara mempunyai viskositas yang sangat kecil/ tidak kental.

Pada Gambar 2.2 di halaman 7 terlihat viskositas dari berbagai fluida. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa untuk fluida cair viskositas absolutnya/ dinamik (μ) akan menurun dengan meningkatnya temperatur sedangkan untuk fluida gas sebaliknya, yaitu dengan meningkatnya temperatur maka viskositasnya juga meningkat. Menurut Streeter (1996: 8) perbedaan dalam kecenderungan terhadap suhu dikarenakan tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tersebut tergantung pada kohesinya dan laju perpindahan momentum molekulernya. Fluida cair yang memiliki ikatan-ikatan molekul yang jauh lebih rapat daripada gas, mempunyai gaya-gaya kohesi yang jauh lebih besar daripada gas. Kohesi merupakan salah satu penyebab utama viskositas cairan dan karena kohesi berkurang dengan naiknya temperatur, maka demikian pula dengan viskositasnya . Sebaliknya gas mempunyai gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Sebagian besar dari tahanannya terhadap tegangan geser merupakan akibat perpindahan momentum molekuler.



Gambar 2.2 : Viskositas kinematik berbagai fluida pada 1 atm

Sumber : White, Frank M. 1994 : 388

Viskositas dibedakan menjadi 2 macam yaitu viskositas mutlak/ dinamik dan viskositas kinematik (ν), dimana viskositas kinematik adalah rasio perbandingan antara viskositas dinamik dengan densitas suatu fluida. Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{Mott, Robert. L, 1994 : 25}) \quad (2-3)$$

Dimana :

ν = viskositas kinematik (m^2/s)

μ = viskositas dinamik ($\text{N.s}/\text{m}^2$)

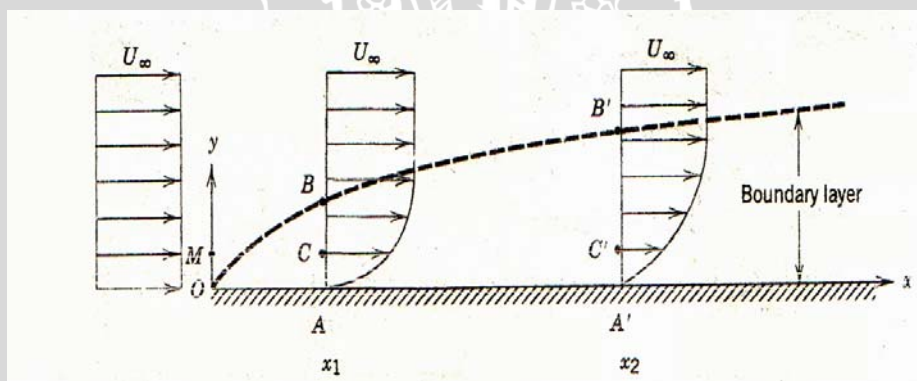
ρ = densitas/ massa jenis (Kg/m^3)

Viskositas kinematik adalah viskositas yang banyak dipengaruhi oleh temperatur tanpa memperhitungkan gaya yang bekerja dan banyak muncul dalam penerapan, misalnya untuk menentukan bilangan *Reynold* pada *internal flow*, misalnya aliran fluida didalam pipa, sedangkan viskositas dinamik adalah viskositas yang menunjukkan ketahanan suatu fluida terhadap tegangan geser/ gaya yang bekerja padanya.

2.2.3 Lapisan Batas/ *Boundary layer*

Boundary layer adalah lapisan fluida dari permukaan padat hingga suatu titik yang diukur terhadap permukaan padat dimana efek viskositas dapat diabaikan/ tidak berpengaruh lagi.

Pada aliran fluida aktual/ *viscous* yang melalui permukaan suatu benda terdapat suatu daerah dimana aliran fluida masih dipengaruhi gesekan dengan permukaan benda. Pada daerah tersebut kecepatan bertambah, dari nol (pada permukaan benda) hingga mendekati kecepatan aliran utama (kecepatan fluida didalam lapisan batas telah mencapai 99% kecepatan aliran utama). Daerah ini disebut dengan lapisan batas (*boundary layer*) dengan ketebalan yang sangat tipis. Gradien kecepatan tersebut mempengaruhi tegangan geser dalam aliran fluida *viscous* karena besarnya tegangan geser sebanding dengan gradien kecepatan. Pengaruh tegangan geser tersebut berangsur-angsur berkurang dengan bertambahnya jarak fluida dari permukaan padat. Gambar 2.3 menjelaskan tentang stuktur *boundary layer*



Gambar 2.3 Struktur *Boundary layer*

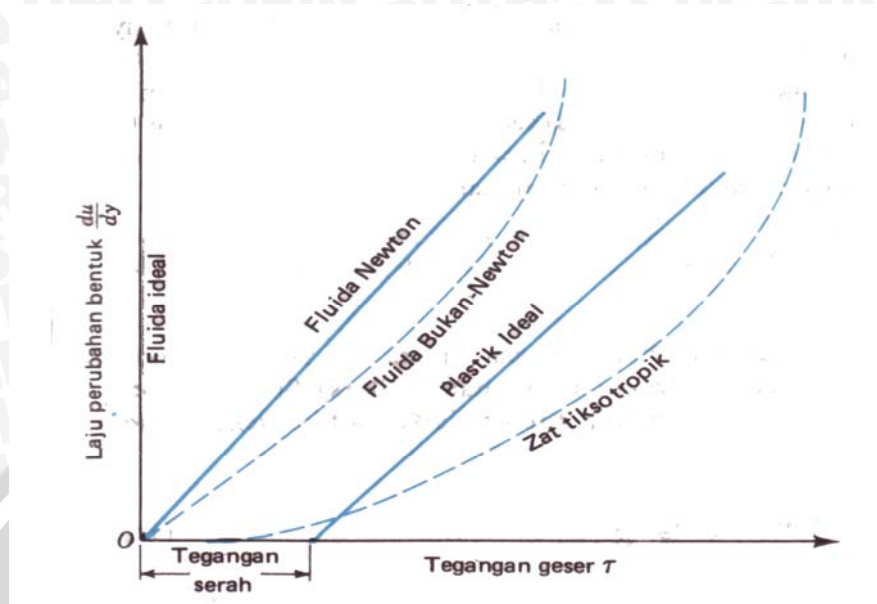
Sumber : White, Frank M, Fluid Mechanics.1994 : 142

2.3 Klasifikasi Fluida

2.3.1 Fluida Newtonian dan Fluida non-Newtonian

Berdasarkan kemampuan fluida dalam menahan tegangan geser, fluida dibedakan menjadi fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian (Streeter, Victor. L, 1986 :3). Dalam fluida Newtonian terdapat hubungan linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dengan laju perubahan bentuk yang diakibatkan. Sedangkan fluida non-Newtonian memiliki hubungan yang tak linier antara besarnya tegangan geser dengan laju perubahan bentuk seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4 di halaman 9.

Contoh fluida Newtonian adalah air, udara, dan oli, sedangkan fluida non-Newtonian adalah plastik, tinta.



Gambar 2.4 : Fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian

Sumber : Streeter, Victor. L and Wylie, Mekanika FLuida.1996 : 5

2.3.2 Fluida mampu mampat dan Fluida takmampu mampat

Menurut Daugherty, Robert L. (1986 : 4) fluida dibagi menjadi 2 yaitu fluida mampu mampat (*compressible*) dan fluida takmampu mampat (*incompressible*). Fluida takmampu mampat adalah fluida yang mempunyai massa jenis (ρ) konstan, apabila untuk fluida mampu mampat massa jenisnya (ρ) merupakan fungsi dari tekanan absolut dan temperatur absolut. Contoh fluida takmampu mampat adalah fluida cair dan fluida gas yang memiliki *Mach Number* (M) $< 0,2$ sedangkan untuk fluida mampu mampat adalah fluida gas yang memiliki *Mach Number* (M) $> 0,2$

2.4 Bilangan Reynold

Aliran fluida baik itu *internal flow* ataupun *eksternal flow*, mengalami perubahan pola aliran dari laminar kemudian transisi hingga pada akhirnya menjadi turbulen. Pada *incompressible flow* kondisi aliran laminar atau turbulen ditentukan oleh besarnya bilangan *Reynold*, yaitu suatu parameter yang menyatakan suatu perbandingan kecepatan aliran, dan ukuran yang mewakili diameter penampang yang dilewati aliran fluida terhadap viskositas fluida.

Persamaan bilangan *Reynold* untuk aliran didalam pipa adalah

$$Re = \frac{\rho.V.D}{\mu} = \frac{V.D}{\nu} \quad (\text{Potter, David .1997:260}) \quad (2-4)$$

Dimana :

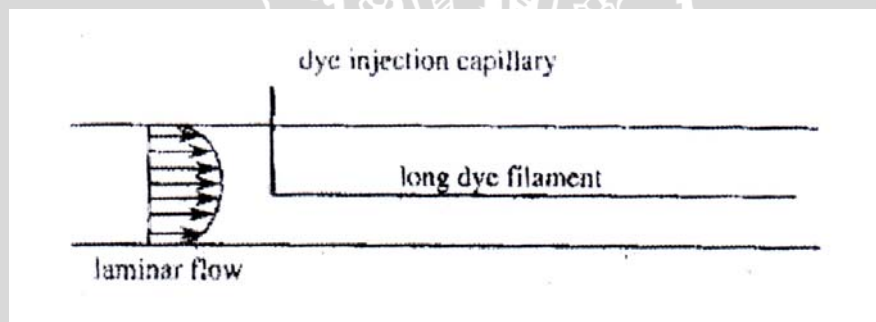
V = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter pipa (meter)

ν = viskositas kinematik (m^2/s)

2.4.1 Aliran Laminer dan Turbulen

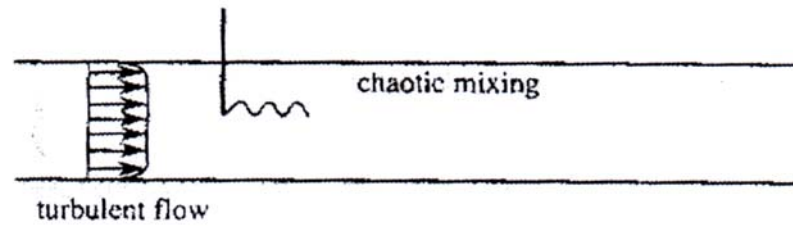
Berdasarkan karakteristik struktur internal aliran, aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran laminer dan turbulen. Aliran laminer adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lamina-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminer tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 2.5. Aliran ini mempunyai angka *Reynold* lebih kecil dari 2300.



Gambar 2.5 : Aliran Laminer

Sumber : Papanastasiou, Tasos C.1993 : 26

Aliran Turbulen adalah aliran fluida dimana partikel-partikel fluida bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi sehingga garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynold digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tidak terlihat sebagaimana yang ditunjukkan oleh gambar 2.6. Aliran ini mempunyai angka *Reynold* yang lebih besar dari 4000.

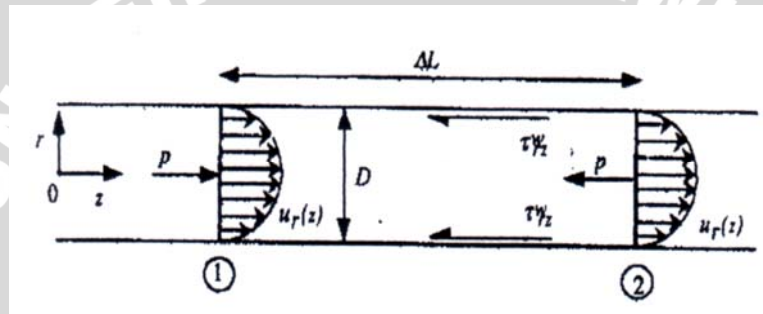


Gambar 2.6 : Aliran Turbulen

Sumber : Papanastasiou, Tasos C.1993 : 26

2.5 Aliran fluida dalam pipa

2.5.1 Analisis aliran dalam pipa dengan penampang bundar (Hukum Kontinuitas)



Gambar 2.7 : Aliran steady dalam pipa

Sumber : Papanastasiou, Tasos C.1993 : 140

Berdasarkan gambar 2.7 diatas, aliran fluida pada bagian 1 dan 2 mengalir dengan laju aliran yang konstan, sehingga kuantitas massa aliran fluida di berbagai bagian pipa pada waktu yang sama adalah tetap. Jika tidak ada fluida yang ditambahkan, dipindahkan atau diletakkan di antara bagian 1 dan 2, maka massa fluida yang mengalir antara bagian 1 dan 2 tiap satuan waktu adalah tetap, dan dapat dirumuskan dengan (White, Frank M, 1994:305)

$$m_1 = m_2 = \text{konstan}$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$

Persamaan diatas adalah persamaan kontinuitas apabila aliran fluida yang mengalir adalah *compressible*. Jika fluida yang mengalir didalam pipa adalah *incompressible* maka $\rho_1 = \rho_2$. Sehingga persamaan kontinuitas dapat dirumuskan dengan :

$$Q_1 = A_1 \cdot v_1 = Q_2 = A_2 \cdot v_2 \quad (\text{White, Frank M, 1994 : 305}) \quad (2-5)$$

Dengan : Q = debit aliran fluida (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

2.5.2 Persamaan Bernoulli

Dalam mendapatkan persamaan *Bernoulli* terdapat asumsi-asumsi yang harus diperhatikan yaitu alirannya tidak mengalami perubahan kecepatan (*steady*), tanpa gesekan antara fluida dengan permukaan saluran atau pipa, tak mampu mampat (*incompressible*), dan massa jenis fluida (ρ) konstan:

$$W = m \cdot g \cdot Z + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{V^2}{2} = \text{konstan} \quad (\text{Streeter.L.V \& Wylie, 1991:4}) \quad (2-6)$$

Bila pada aliran tersebut diambil suatu jumlah fluida untuk tiap 1 Kg, maka persamaannya dinamakan persamaan energi persatuan berat fluida. Oleh karena dibagi massa (m) maka didapatkan persamaan energi spesifik yaitu :

$$W = g \cdot Z + m \cdot \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} = \text{konstan} \quad (\text{Streeter.L.V \& Wylie, 1991:4}) \quad (2-7)$$

Apabila persamaan tersebut dibagi lagi dengan percepatan gravitasi g , maka akan didapat salah satu ruas dari persamaan *bernoulli* yang mempunyai arti ketinggian.

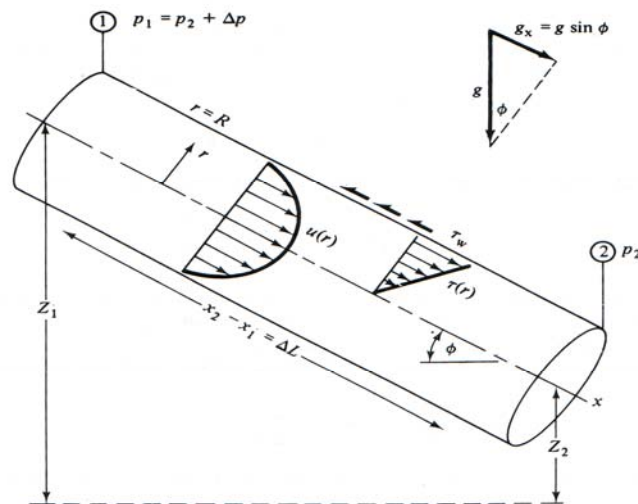
Persamaan ketinggiannya yaitu:

$$H = Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2 \cdot g} = \text{konstan} \quad (\text{Streeter.L.V \& Wylie, 1991:4}) \quad (2-8)$$

Jadi sesuai dengan persamaan ketinggian diatas dan pada gambar 2.8 dapat dijelaskan bahwa pada tiap saat dan tiap posisi yang ditinjau dari suatu aliran fluida didalam pipa tanpa gesekan yang tidak bergerak maka akan mempunyai energi ketinggian tempat, tekanan dan kecepatan yang sama besarnya. Sebagai contoh aliran air didalam pipa, pada posisi 1 Kg air mempunyai tekanan tertentu dan luas penampang yang tertentu pula serta kecepatan V_1

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \quad (\text{Streeter.L.V \& Wylie, 1991:4}) \quad (2-9)$$

Perubahan bentuk energi akan terjadi bila pada posisi 2 penampang diperkecil, dengan demikian kecepatan fluida naik menjadi V_2 dan tekanan pada posisi 2 akan berkurang, hal ini akan terlihat dengan jelas letak pipa tersebut dibuat mendatar $Z_1 = Z_2$

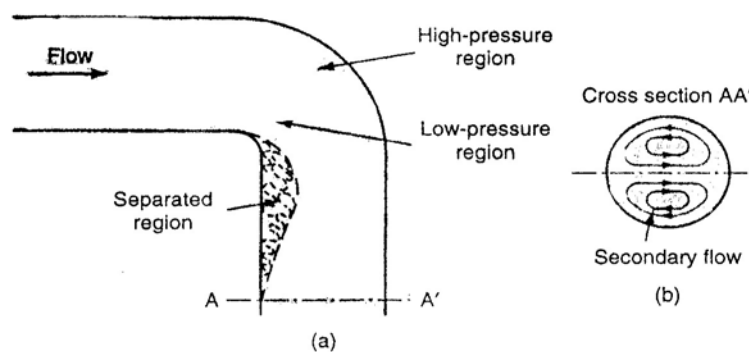


Gambar 2.8 : Aliran yang telah berkembang penuh antara 2 penampang dalam pipa miring

Sumber : White, Frank. M.1954: 305

2.5.3 Minor Losses pada belokan pipa

Minor Losses adalah suatu kerugian yang dialami oleh aliran fluida cair yang disebabkan oleh *valve*, *elbow* (belokan), *orifice* dan perubahan penampang. Menurut Potter C.M , dan Wiggert , David C pipa elbow mempunyai koefisien kerugian (*loss coefficient*) yang cukup besar karena penurunan tekanan yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan pipa lurus untuk panjang pipa yang sama. Hal ini disebabkan aliran pada belokan pipa mengalami gaya sentrifugal yang memunculkan aliran sekunder/ pusaran ganda (Hwang, 1996). Pusaran ganda/ *twin-eddy* tersebut memicu terbentuknya *vortex*, seperti yang terlihat pada gambar 2.10 sehingga menyebabkan kehilangan energi terhadap fluida setelah meninggalkan belokan pipa.



Gambar 2.9 : Aliran sekunder pada belokan pipa

Sumber : Potter C.M, Wigger C.1997: 304

Energi yang hilang berupa penurunan tekanan juga dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = K \cdot \frac{V^2}{2} \quad (\text{Potter C.M. 1997: 303}) \quad (2-10)$$

Dimana : ΔP = penurunan tekanan/ beda tekanan (N/m²)

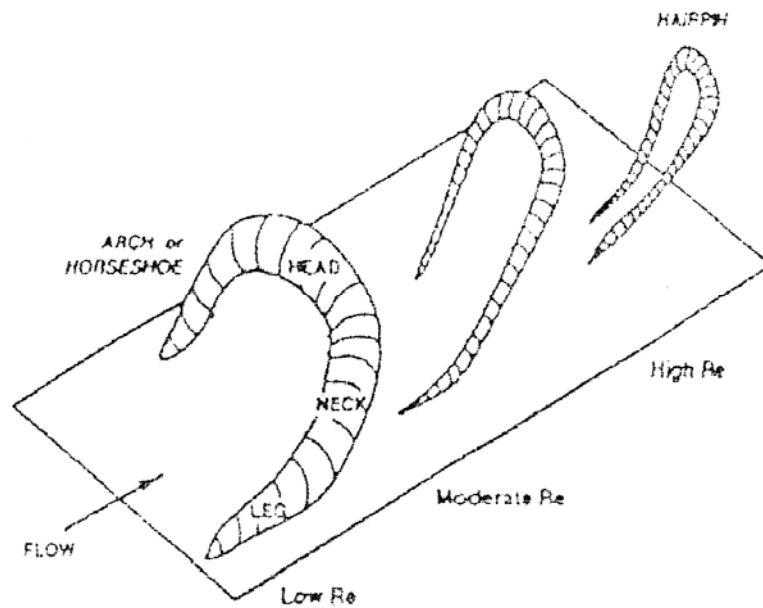
ρ = massa jenis aliran (Kg/m³)

K = koefisien kerugian *head*

2.6 Vortex

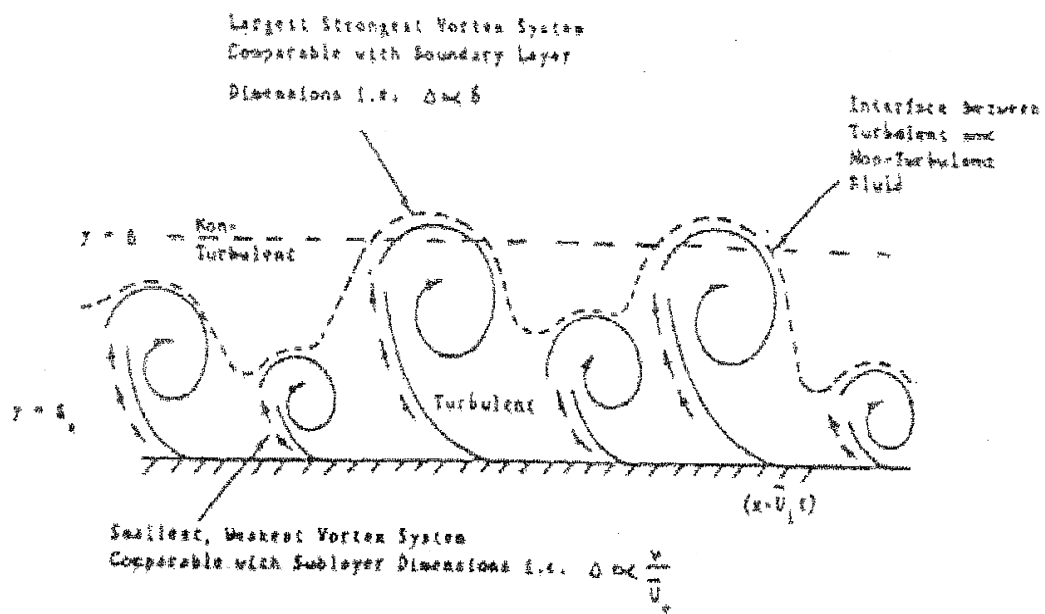
Vortex didefinisikan sebagai massa fluida cairan atau gas yang partikel-partikelnya bergerak berputar. Gerakan partikel fluida bergerak berputar disebabkan adanya perbedaan kecepatan antara lapisan-lapisan fluida yang bersebelahan dengan jarak tertentu, gradien kecepatan ini akan menyebabkan puntiran (torsi). Torsi ini akan menyebabkan terjadinya *vortex-vortex* pada fluida tersebut. Menurut proses pembentukannya *vortex* dibagi menjadi 2 macam yaitu *vortex* bebas (*free vortex*) dan *vortex* paksa (*forced vortex*). *Vortex* bebas terjadi jika mekanisme pembentukan *vortex* tidak melibatkan energi dari luar sumber. Fluida berputar karena gerakan internalnya contohnya yaitu pusaran air disungai dan pusaran di belokan pipa akibat aliran sekunder. *Vortex* paksa terjadi jika mekanisme pembentukan *vortex* melibatkan energi dari luar misalnya fluida diberi torsi atau puntiran dari luar. Contohnya yaitu fluida dalam suatu wadah diputar dengan pipa silinder.

Sesungguhnya *vortex* berwujud tiga dimensi dan dapat berubah menurut harga bilangan *Reynold*-nya. Pada bilangan *Reynold* yang rendah, *vortex* berbentuk seperti tapal kuda dan semakin tinggi harga bilangan *Reynold*-nya maka *vortex* akan semakin meruncing



Gambar 2.10 : Geometri Vortex menurut besar bilangan Reynolds

Sumber : Steven K. Robinson, 1991 : 607



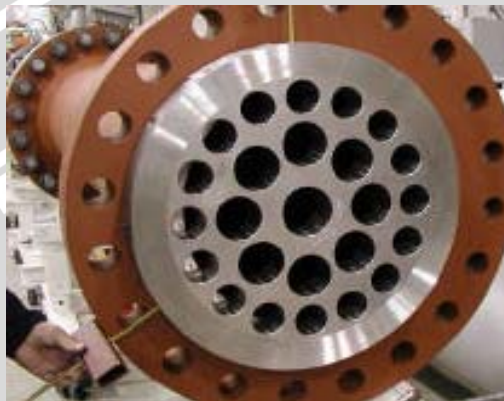
Gambar 2.11 : Vortex 2 dimensi

Sumber : Steven K. Robinson, 1991 : 619

2.7 Plat Perforasi

2.7.1. Definisi Plat Perforasi

Plat perforasi adalah suatu alat pengkondisi aliran/ flow conditioner yang berfungsi untuk mengurangi *vortex* pada instalasi pipa akibat adanya katup/valve, belokan pipa dan sambungan pada bagian pipa (Ziqiong, Shao, 2001: 1). Plat perforasi banyak digunakan dalam industri perpipaan gas, minyak, dan industri kimia dalam usaha untuk mengurangi terjadinya *vortex* tersebut .



Gambar 2.12 : Plat perforasi
Sumber : www.cpcal.com



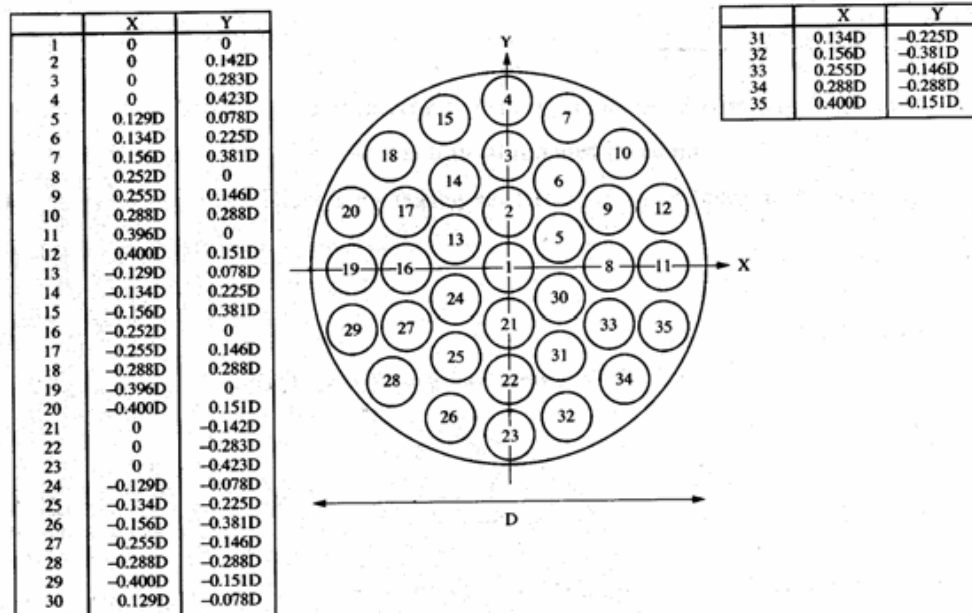
Gambar 2.13 : Aliran fluida yang melalui plat perforasi
Sumber : www.cpcal.com

Gambar 2.11 menunjukkan aliran fluida yang melalui plat perforasi dimana dari simulasi aliran diatas dapat dilihat bahwa fluida setelah melewati plat perforasi efek *vortex* / pusaran menjadi berkurang/ hilang, ditunjukkan dengan profil aliran yang laminar dimana garis-garis aliran fluida tidak berpotongan satu sama lain.

2.7.2 Jenis Plat Perforasi

Plat perforasi/ *perforated plate flow conditioner* banyak macamnya, jenis plat yang biasa digunakan adalah sebagai berikut :

1. MHI (Mitsubishi Heavy Industries) conditioner

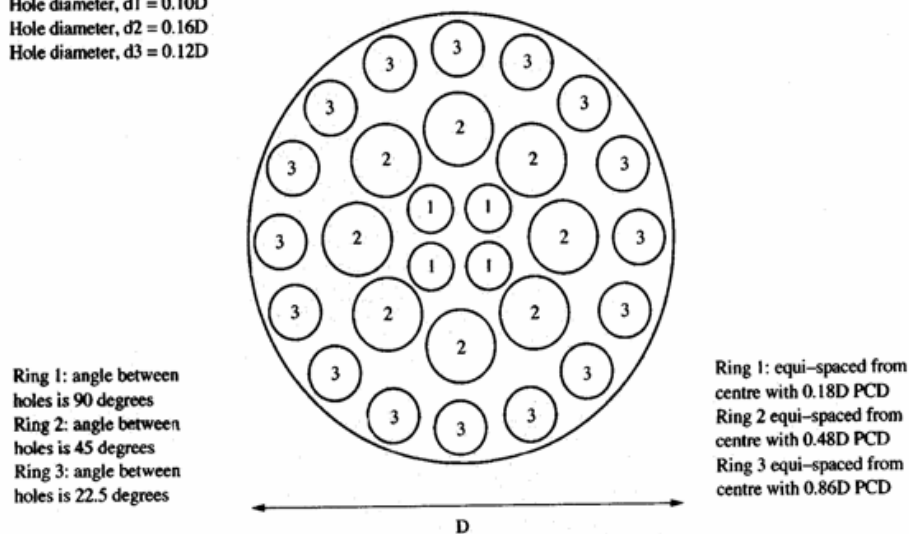


Gambar 2.14 : MHI Conditioner

Sumber : Shao, Ziqiong. 2001:22

2. The Spearmen (NEL) conditioner

Plate thickness, $t = 0.12D$
Hole diameter, $d1 = 0.10D$
Hole diameter, $d2 = 0.16D$
Hole diameter, $d3 = 0.12D$



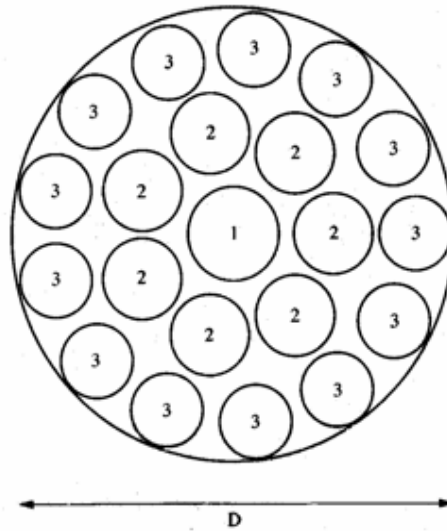
Gambar 2.15 : The Spearmen (NEL) Conditioner

Sumber : Shao, Ziqiong. 2001: 23

3. The Laws conditioner

Plate thickness, $t = 0.124D$
 Hole diameter, $d_1 = 0.2090D$
 Hole diameter, $d_2 = 0.1857D$
 Hole diameter, $d_3 = 0.1625D$

Ring 2: angle between holes is 51.428 degrees
 Ring 3: angle between holes is 27.69 degrees



Ring 2: equi-spaced from centre with 0.4582D PCD
 Ring 3: centre with 0.8287D PCD

Gambar 2.16 : The Laws Conditioner
 Sumber : Shao, Ziqiong. 2001: 22

Geometri dari Plat perforasi tipe Laws berdasarkan teori Elder yaitu :

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,2679 \cdot \sqrt{\alpha} \cdot D \\ d_2 &= 0,6238 \cdot \sqrt{\alpha/n} \cdot D \quad (\text{Shao, Ziqiong. 2001: 27}) \quad (2-11) \\ d_3 &= 0,734 \cdot \sqrt{\alpha/m} \cdot D \end{aligned}$$

Dimana n = Jumlah lubang pada lubang d_2 yang terletak pada lintasan tengah.
 m = Jumlah lubang pada lubang d_3 yang terletak pada lintasan terluar
 D = Diameter dalam pipa
 d_1 = Diameter lubang pusat.
 d_2 = Diameter lubang pada lintasan tengah.
 d_3 = Diameter lubang pada lintasan terluar.
 α = porositas (%)

Plat perforasi tipe Laws ini banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya : pembuatan lebih mudah, pressure loss yang kecil, dan dapat menghasilkan aliran yang lebih mantap/ *fully developed* daripada jenis plat perforasi yang lainnya (Ziqiong, Shao, 2001: 28). Oleh karena itu fokus dalam penelitian ini adalah membahas plat perforasi jenis Laws Conditioner

2.8 Hipotesis

Semakin tebal plat perforasi maka aliran sekunder *Twin-eddy* (pusaran ganda) yang terjadi akan memiliki bentuk profil lingkaran yang memiliki momen inersia luasan minimum, sehingga koefisien kerugian *head* aliran yang terjadi semakin kecil yang berarti *head losses* semakin kecil, dimana penurunan tekanan (Δp) yang terjadi juga semakin kecil



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimental (*experimental research*), yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh tebal plat perforasi terhadap penurunan tekanan dan koefisien kerugian *head* pada belokan pipa.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya pada bulan Juli-Agustus 2006.

3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesa serta memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

3. Perancangan Instalasi

Perancangan instalasi dimulai dengan merancang jaringan pipa, penempatan perforasi plat pada pipa uji, dan penempatan alat ukur.

4. Pembuatan Alat

Pembuatan Alat dimulai dengan mempersiapkan pipa untuk instalasi termasuk pipa uji dan perforasi plat yang akan diteliti

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Pipa PVC

Digunakan sebagai jaringan pipa baik pipa lurus maupun belokan pipa. Pada penelitian ini digunakan diameter pipa PVC 1 inci. Belokan pipa yang diuji berjumlah empat. Belokan pipa uji yang pertama tanpa adanya penambahan plat perforasi, belokan pipa uji yang kedua dengan penambahan plat perforasi dengan ketebalan (t) = 3 mm, belokan pipa uji ketiga dengan plat perforasi $t = 5$ mm, dan belokan uji yang keempat dengan plat perforasi $t = 7$ mm. Adapun gambar irisan belokan pada pipa ditunjukkan seperti pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 : Plat perforasi pada belokan pipa

2. Plat Perforasi

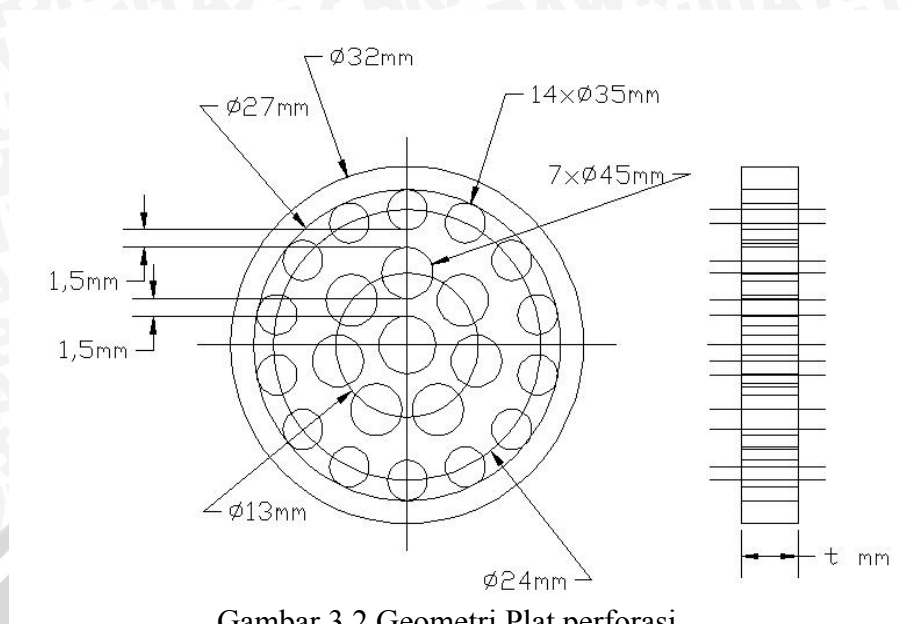
Terbuat dari acrylic dengan geometri dari plat perforasi adalah sebagai berikut:

- Jumlah total lubang adalah 22 buah dengan susunan jumlah lubang 1; 7; 14
- Porositas dari plat diambil 50 %, sehingga diameter lubang pada plat menurut teori Elder adalah:

$$d_1 = 0,2679 \cdot \sqrt{\alpha} \cdot D = 0,2679 \cdot \sqrt{0,5} \cdot 27mm = 5,114 \approx 5mm$$

$$d_2 = 0,6238 \cdot \sqrt{\alpha/n} \cdot D = 0,6238 \cdot \sqrt{0,5/7} \cdot 27mm = 45,013 \approx 45mm$$

$$d_3 = 0,734 \cdot \sqrt{\alpha/m} \cdot D = 0,734 \cdot \sqrt{0,5/14} \cdot 27mm = 37,453 \approx 35mm$$



Gambar 3.2 Geometri Plat perforasi

3. Pompa

Digunakan untuk mengalirkan air yang dialirkan oleh pompa ke seluruh jaringan belokan pipa uji dan dikembalikan lagi ke bak penampung.

Spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut :

- Laju aliran = 1,35 liter/ detik
- Head pompa = 15 m
- Putaran = 5000 rpm
- Keluaran motor penggerak = 0,35 Kw

4. Bak Penampung

Digunakan untuk menampung air yang dialirkan oleh pompa dan pembuangan dari jaringan pipa.

5. Rotameter

Digunakan untuk mengukur debit aliran air yang melalui belokan pipa uji . Kapasitas rotameter yang digunakan adalah 0-2000 liter/jam

6. Katup (valve)

Digunakan untuk mengontrol aliran air yang melalui jaringan pipa.

7. Pressure transmitter

Pressure transmitter merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tekanan yang terjadi pada aliran fluida. Untuk setiap perubahan tekanan, sensor melalui ADC akan memberikan keluaran berupa tegangan yang berbeda. Tegangan

keluaran yang berupa volt ini nantinya akan dikonversikan menjadi besaran tekanan dalam bentuk Bar oleh komputer.



Gambar 3.3 *Pressure Transmitter*

Pressure Transmitter yang digunakan adalah JUMO type 4341-242 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tekanan yang dapat diukur : 0 – 6 bar
- Tegangan input : 11,5 – 30 V
- Arus output : 4 – 20 mA

Pressure transmitter yang digunakan pada penelitian ini sebanyak dua buah, dipasang pada bagian hulu dan hilir belokan pipa yang diuji, sehingga besar penurunan/ beda tekanan yang terjadi pada bagian hulu dan hilir belokan pipa dapat diketahui.

8. *Pressure gauge*

Digunakan untuk kalibrasi *pressure transmitter*, sehingga mendapatkan faktor konversi dari volt yang ditunjukkan oleh sensor tersebut menjadi tekanan dalam satuan bar.

9. *ADC (Analog Digital Converter)*

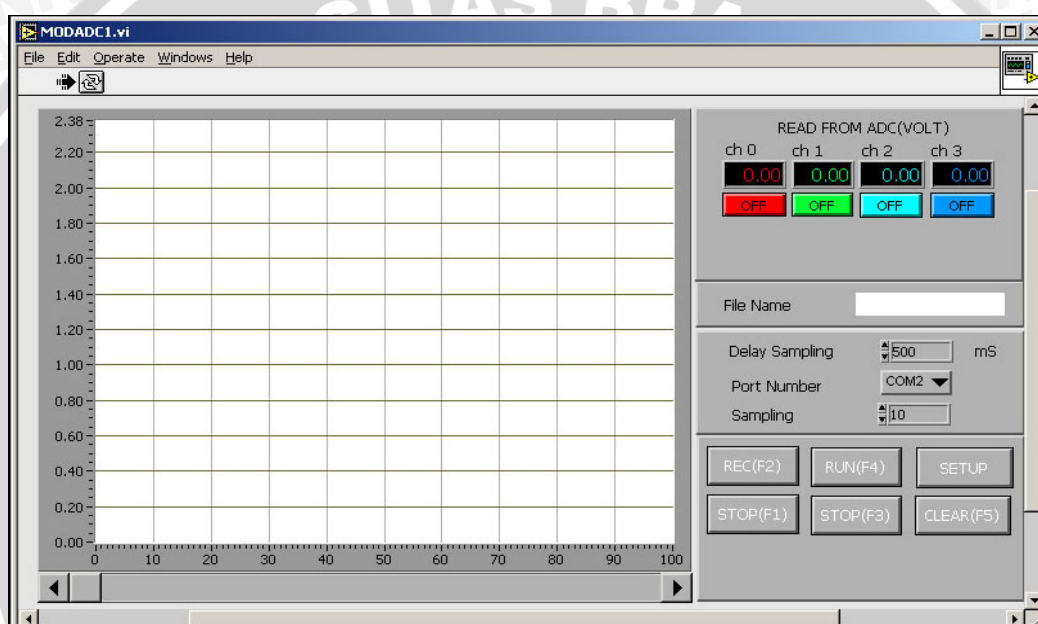
ADC digunakan untuk mengkonversikan sinyal analog yang dihasilkan oleh *pressure transmitter* menjadi sinyal digital agar dapat dibaca oleh komputer dengan bantuan program komputer. ADC yang digunakan pada penelitian ini mempunyai 4 *channel*, tetapi untuk pelaksanaan penelitian ini hanya 2 *channel* yang dipakai yaitu *channel* 0 dan 1

10. Komputer

Komputer digunakan untuk menerima, merekam dan memproses sinyal dari sensor sesudah mengalami pengkonversian sinyal dari analog menjadi sinyal digital pada ADC

11. Program komputer (*Software*)

Program komputer yang digunakan pada penelitian ini adalah *LabVIEW* dan *Microsoft Excel*. *Software LabVIEW* digunakan untuk merekam sinyal yang masuk ke komputer, sedangkan *Microsoft Excel* digunakan untuk mengkonversi data yang telah direkam dengan *LabVIEW* kedalam *Microsoft Excel* sehingga proses pengaksesan dan pengolahan data menjadi lebih mudah.



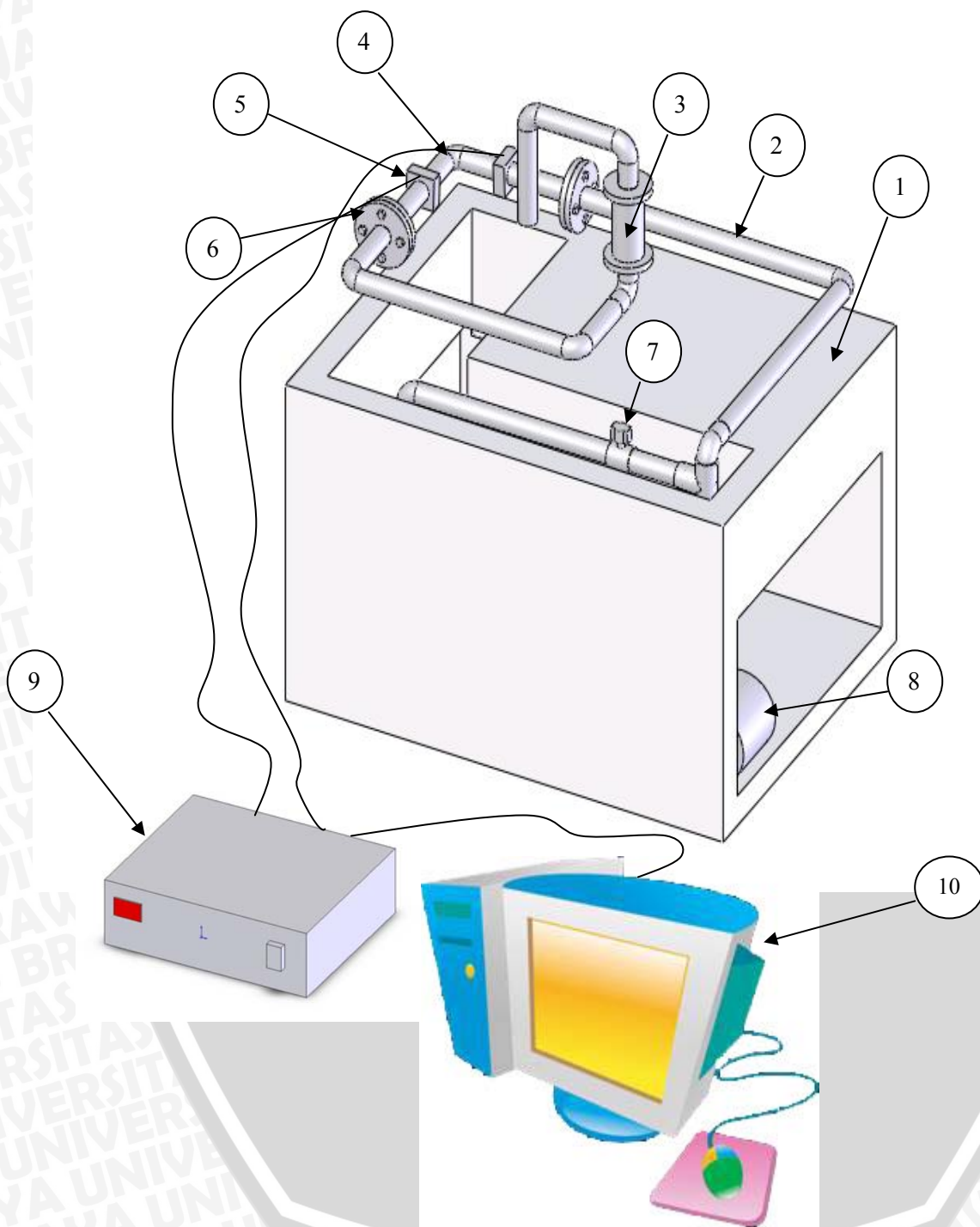
Gambar 3.4 Tampilan *LabVIEW*

12. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pelaksanaan pengambilan data. Waktu yang digunakan dalam pengambilan data yaitu 5 menit tiap variasi debit aliran.

3.5 Instalasi Penelitian

Susunan peralatan pada saat penelitian dapat dilihat pada gambar 3.5 :



Gambar 3.5 Instalasi Uji

Keterangan :

- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1. Bak penampung | 4. Belokan dengan plat perforasi |
| 2. Pipa | 5. <i>Pressure transmitter</i> |
| 3. Rotameter | 6. <i>Flens</i> |

7. Katup/ Keran

9. ADC

8. Pompa

10. Komputer + *software*

3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas yaitu variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain.

Variabel bebas dalam penelitian adalah :

- Tebal plat perforasi : 3 mm, 5 mm, dan 7 mm
- Debit aliran : 1000 liter/jam, 1100 liter/jam, 1200 liter/ jam, 1300 liter/ jam, 1400 liter/ jam, 1500 liter/ jam, 1600 liter/ jam, 1700 liter/ jam, 1800 liter/ jam, 1900 liter/ jam, 2000 liter/ jam

2. Variable terikat yaitu variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- Penurunan tekanan pada belokan pipa yang diamati
- Koefisien kerugian *head* pada belokan pipa.

3. Variabel tetap yaitu variabel yang tidak berubah selama pengujian. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah:

- Diameter pipa (luar) yaitu 1 inchi.
- Suhu air : 23°C
- Suhu lingkungan : 25°C

3.7 Metode Pengambilan Data

Adapun urutan proses pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan instalasi jaringan pipa dengan belokan pipa yang memiliki plat perforasi dengan ketebalan yang telah ditentukan sebagai variabel bebas.
2. Melakukan kalibrasi *pressure transmitter*, dengan memberikan tekanan terhadap sensor dan *pressure gauge* pada kompressor secara bersamaan kemudian mencari angka konversi dari volt ke bar. Angka tersebut diperoleh dengan membuat plot grafik antara volt sensor yang ditunjukkan pada program *LabVIEW* dengan bar yang ditunjukkan oleh *pressure gauge* kompressor.
3. Pengambilan data dimulai setelah memasang sensor pada obyek penelitian kemudian mengalirkan fluida dari bak penampung ke seluruh jaringan pipa. Debit aliran dikontrol dengan melihat rotameter yang pengaturannya menggunakan katup, dimana debit aliran dimulai dari yang terendah yaitu 1000

liter/ jam. Untuk memperoleh data yang akurat, *pressure transmitter* mengambil 100 data pada tiap waktu pengukuran, dimana selisih waktu pengukuran (*delay time*) antara satu data dengan yang lain 500 ms.

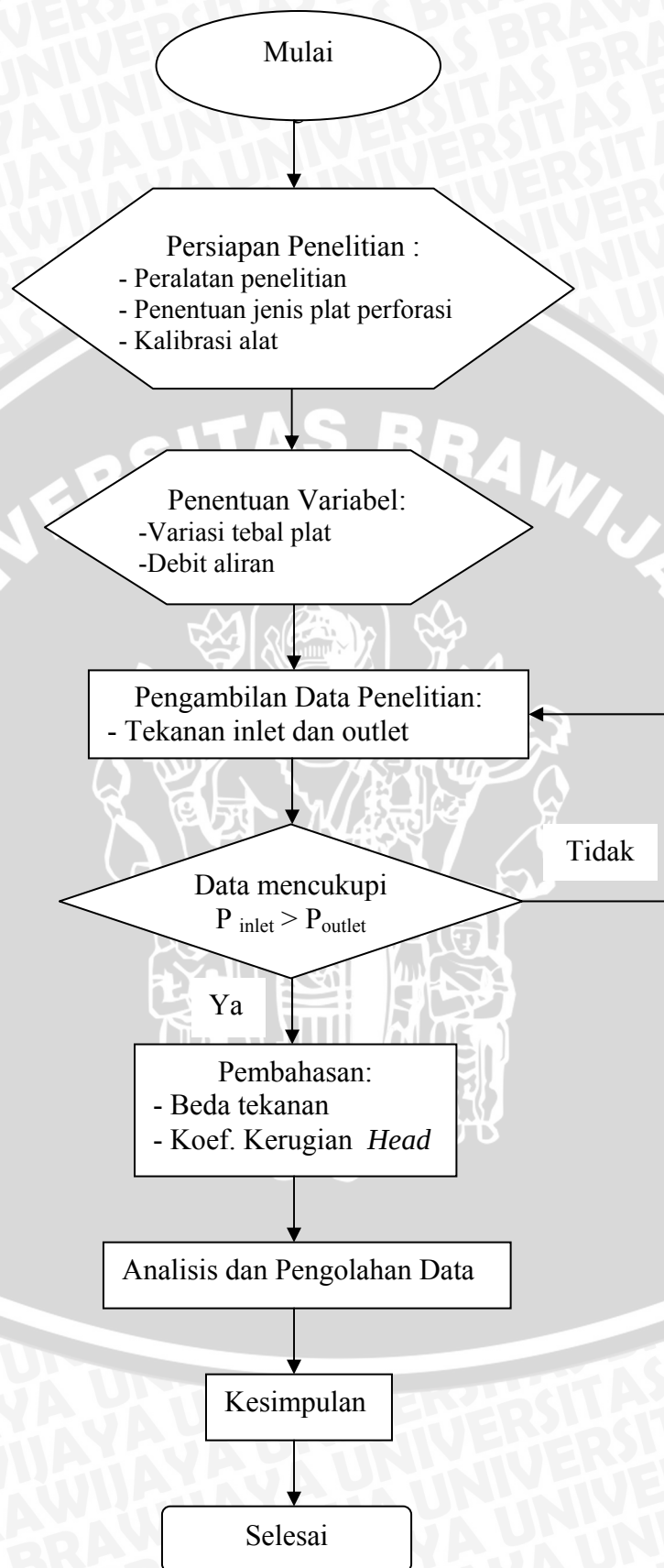
Pengambilan data dilakukan kembali dengan debit yang baru sampai dengan debit 2000 liter/ jam.

4. Mengganti pipa uji dengan pipa uji lain yang diuji selanjutnya.
5. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 3 dengan variasi debit yang tetap.
6. Pengolahan data tekanan untuk mendapatkan tekanan rata-rata aliran fluida pada tiap debit untuk masing-masing pipa uji.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



3.8 Diagram Alir Penelitian



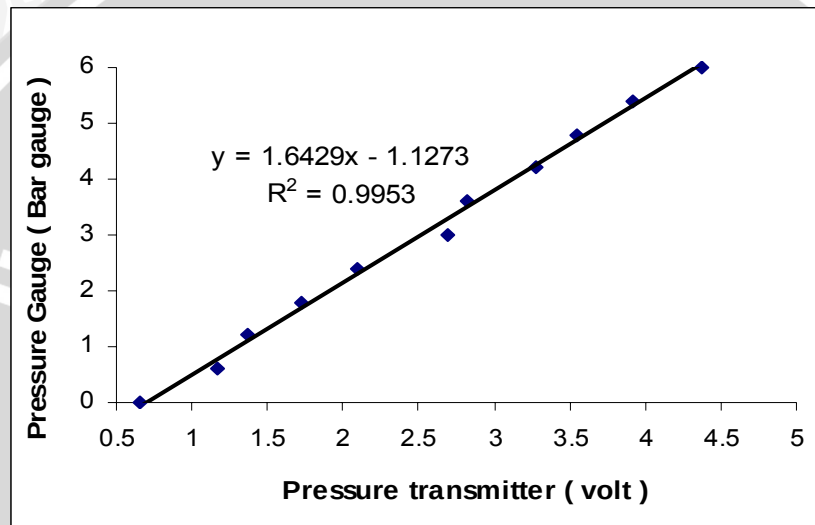
Gambar 3.6. Diagram alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data tekanan dalam bentuk tegangan, sehingga diperlukan konversi *pressure transmitter* dengan *pressure gauge* untuk mendapatkan data dalam bentuk Bar. Dari konversi didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.1. Grafik konversi *pressure transmitter* terhadap *pressure gauge*

Hasil konversi diatas menunjukkan persamaan sebagai berikut:

$$P = 1,6429 V - 1,1273 \quad \text{dimana : } P = \text{Tekanan (Bar gauge)}$$

$$R^2 = 0,9953 \quad V = \text{Beda tegangan (voltase)}$$

Data tekanan yang diperoleh dalam bentuk voltase tersebut dikonversikan menjadi Bar sesuai dengan persamaan diatas

4.2. Perhitungan/ Pengolahan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari Bilangan *Reynold* (Re) dan Koefisien Kerugian *Head* (K), dimana data yang diperoleh pada waktu penelitian adalah sebagai berikut:

- Diameter dalam pipa (D) = 27,6 mm
- Suhu air (T) = 23⁰C
- Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

- Debit aliran (Q) dengan variasi = 1000 - 2000 liter/ jam.

Dari Tempetarur air pada 23°C tersebut didapatkan nilai dari densitas dan viskositas kinematiknya sebagai berikut (Berdasar tabel properties air dari Streeter, Victor L, E. Benjamin, 1981: Lampiran) :

- Densitas (ρ) = 997,54 Kg/m³
- Viskositas kinematik (ν) = 0,941.10⁻⁶ m²/s

Contoh perhitungan data :

- Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot (27,6)^2$$

$$= 598,28 \text{ mm}^2 = 5,983 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Kecepatan Aliran Fluida (V)

Contoh pada Q = 2000 liter/ jam = 5,56.10⁻⁴ m³/s

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{5,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}{5,983 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,928588 \text{ m/s}$$

- Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

$$= \frac{0,929 \text{ m/s} \cdot 27,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0,941 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}}$$

$$= 27248,0340$$

- Data tekanan yang terekam oleh sensor tekanan dikonversikan sesuai dengan persamaan dari hasil kalibrasi yang telah dilakukan. Tekanan yang terjadi pada belokan pipa tanpa plat perforasi pada debit 2000 liter/ jam :

$$P_{\text{masuk}} = 1,097654 \text{ volt} = (1,6429 \times (1,097654) - 1,1273) + 1 = 1,676036082 \text{ Bar (abs)}$$

$$P_{\text{keluar}} = 1,0708525 \text{ volt} = (1,6429 \times (1,0708525) - 1,1273) + 1 = 1,6320035 \text{ Bar (abs)}$$

Sehingga nilai penurunan tekanan (Δp)

$$\Delta p = 1,676036082 \text{ Bar} - 1,6320035 \text{ Bar}$$

$$= 0,044032582 \text{ Bar (absolute)} = 4403,2582 \text{ pa}$$

➤ Kerugian *Head* (ΔH)

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{4403,2582 \text{ N/m}^2}{997,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0,44996095 \text{ m}$$

➤ Koefisien Kerugian *Head* Aliran (K)

$$K = \frac{\Delta P \cdot 2}{\rho \cdot V^2}$$

$$= \frac{4403,2582 \cdot 2}{997,54 \cdot 0,9285^2} = 10,238299$$

4.3. Data Hasil Perhitungan

Dari perhitungan data pada subbab 4.1.2 diatas dapat ditabelkan sebagai berikut:

1. Bilangan *Reynold*

Q (liter/ jam)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Bil. <i>Reynold</i> (Re)
1000	0.0002778	0.464294	13617.97313
1100	0.0003056	0.510723	14979.77044
1200	0.0003333	0.557153	16341.56775
1300	0.0003611	0.603582	17703.36507
1400	0.0003889	0.650012	19065.16238
1500	0.0004167	0.696441	20426.95969
1600	0.0004444	0.74287	21788.75701
1700	0.0004722	0.7893	23150.55432
1800	0.0005	0.835729	24512.35163
1900	0.0005278	0.882158	25874.14894
2000	0.0005556	0.928588	27235.94626

Tabel 4.1. Bilangan *Reynold* (Re)

2. Penurunan Tekanan (Δp)

Bilangan <i>Reynold</i>	Beda Tekanan Δp (Pa)			
	Tanpa Perforasi	Dengan Perforasi $t=3$ mm	Dengan Perforasi $t=5$ mm	Dengan Perforasi $t=7$ mm
13617.97313	3092.231842	2783.106794	2572.778525	2283.106794
14979.77044	3159.913279	3030.888361	2784.850164	2530.888361
16341.56775	3291.883934	3034.884839	2776.770328	2534.884839
17703.36507	3329.589836	3152.56082	2787.144262	2602.56082
19065.16238	3466.947049	3384.880054	2988.367049	2834.880054
20426.95969	3652.783279	3504.90541	3285.850492	3004.90541
21788.75701	3977.862016	3771.913934	3569.766557	3341.913934
23150.55432	4110.640656	4163.935082	3858.220328	3663.935082
24512.35163	4172.586066	4402.489836	4326.102951	3972.489836
25874.14894	4431.14082	4631.393279	4540.392951	4181.393279
27235.94626	4403.258197	4709.149729	4560.367705	4379.149729

Tabel 4.2. Penurunan Tekanan (Δp)

3. Kerugian Head (ΔH)

Bilangan <i>Reynold</i>	Kerugian Head ΔH (m)			
	Tanpa perforasi	Dengan Perforasi $t=3$ mm	Dengan Perforasi $t=5$ mm	Dengan Perforasi $t=7$ mm
13617.97313	0.315989551	0.284400624	0.26290756	0.233306533
14979.77044	0.322905794	0.309720972	0.284578776	0.258626881
16341.56775	0.336391635	0.310129365	0.283753112	0.259035274
17703.36507	0.340244733	0.322154459	0.284813205	0.265950959
19065.16238	0.354281016	0.345894739	0.305375796	0.289691239
20426.95969	0.373271283	0.358159912	0.335775088	0.307065821
21788.75701	0.406490488	0.385445028	0.364787955	0.34150411
23150.55432	0.420058896	0.425504956	0.394264521	0.374410865
24512.35163	0.426388985	0.449882433	0.442076596	0.405941515
25874.14894	0.452810225	0.47327366	0.463974502	0.427288978
27235.94626	0.44996095	0.48121945	0.466015686	0.44749735

Tabel 4.3. Kerugian Head (K)

4. Koefisien Kerugian *Head* (K)

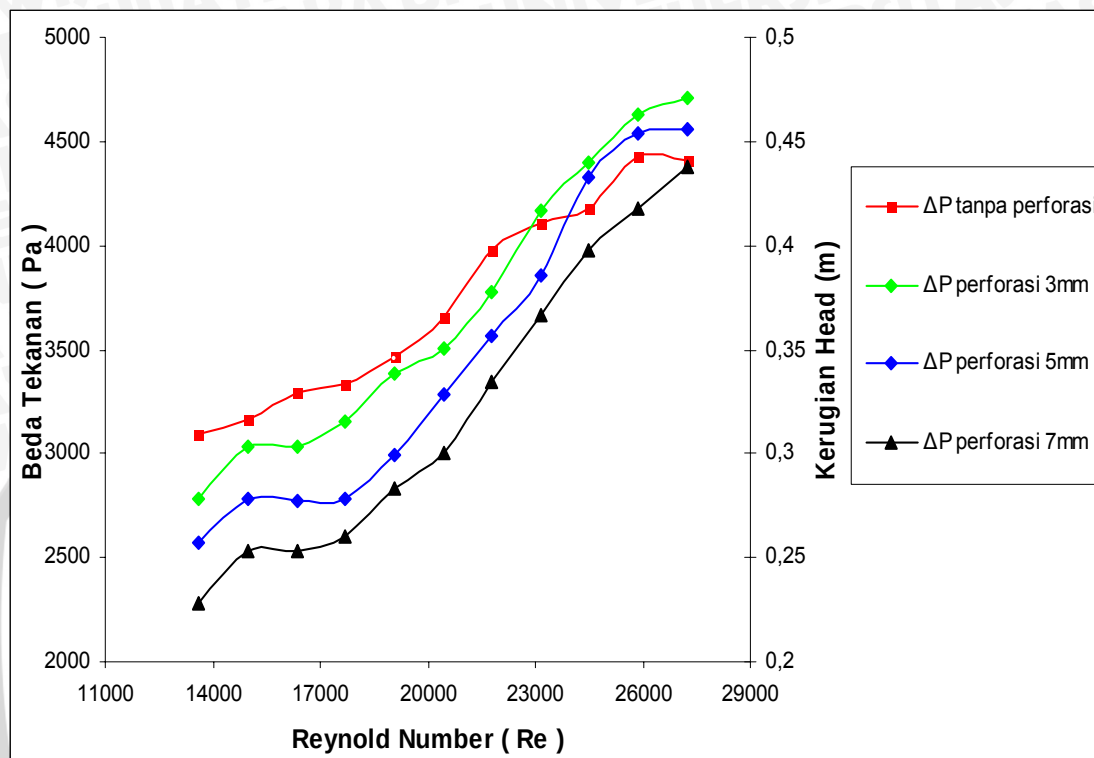
Bilangan <i>Reynold</i>	Koefisien Kerugian <i>Head</i> (K)			
	Tanpa Perforasi	Dengan Perforasi t=3mm	Dengan Perforasi t=5mm	Dengan Perforasi t=7mm
13617,97313	28,75978902	25,88472285	23,92853167	21,23439414
14979,77044	24,28865362	23,29690439	21,40573334	19,45365753
16341,56775	21,26158662	19,60168347	17,93457608	16,37228853
17703,36507	18,32389018	17,34963797	15,33862365	14,3227968
19065,16238	16,45147285	16,06204581	14,18049906	13,45216745
20426,95969	15,09923818	14,48796645	13,58247545	12,42115369
21788,75701	14,45184839	13,70362473	12,9692093	12,14140493
23150,55432	13,22894827	13,40046149	12,41660398	11,79135121
24512,35163	11,97771406	12,63766968	12,41839553	11,40332317
25874,14894	11,41621129	11,93213359	11,69768404	10,77277186
27235,94626	10,238299	10,94954709	10,60360443	10,18224285

Tabel 4.4. Koefisien Kerugian *Head* (K)



4.4. Analisis Grafik

4.4.1. Analisis Grafik Hubungan Beda Tekanan dan Kerugian *Head* terhadap Bilangan *Reynold*



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Beda Tekanan dan Kerugian *Head* terhadap *Reynold Number*

Gambar 4.2 diatas menunjukkan Grafik hubungan antara beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* (ΔH) terhadap bilangan *Reynold* yang terjadi pada belokan pipa dengan variasi plat perforasi dengan ketebalan 3, 5, dan 7 mm. Grafik tersebut menunjukkan adanya kecenderungan dengan semakin besar bilangan *Reynold*, maka semakin besar juga beda tekanan dan kerugian *head* yang terjadi pada belokan pipa dan untuk semua variasi ketebalan plat perforasi sebesar 3mm, 5mm, dan 7mm yang dipasang sebelum belokan pipa. Untuk grafik belokan pipa tanpa penambahan plat perforasi pada bilangan *Reynold* 13617,97313 beda tekanan (Δp) dan koefisien kerugian *head* yang terjadi sebesar 3092,231842Pa dan 0,315989551m. Beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* ini cenderung mengalami kenaikan sampai pada bilangan *Reynold* 25874,14894 dengan beda tekanan (Δp) sebesar 4431,14082Pa dan kerugian *head*-nya yaitu 0,452810225 m , meski pada bilangan *Reynold* tertinggi yaitu 27235,94626 beda

tekanan dan kerugian *head* sedikit mengalami penurunan dibanding bilangan *Reynold* sebelumnya yaitu 13617,97313 dan 25874,14894. Untuk grafik belokan pipa dengan penambahan plat perforasi juga menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu semakin besar bilangan *Reynold*, maka beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* (ΔH) yang terjadi semakin besar. Hal tersebut dikarenakan semakin besar bilangan *Reynold* maka semakin besar kecepatan aliran fluida, sehingga aliran fluida semakin turbulen dimana aliran turbulen tersebut mempunyai partikel-partikel yang bergerak acak dan tidak stabil sehingga sangat potensial untuk membentuk *swirl/ vortex*. Semakin besar kecepatan aliran fluida maka *swirl/ vortex* yang terjadi menyebabkan aliran fluida kehilangan energi lebih banyak sehingga beda tekanan yang terjadi semakin besar.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan plat perforasi pada belokan pipa dapat mengurangi beda tekanan (Δp) yang berarti kerugian *head* pada belokan melemah/ berkurang. Gambar 4.2 juga menunjukkan bahwa pemasangan plat perforasi dengan tebal 7mm menghasilkan beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* (ΔH) yang paling kecil dibandingkan beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* (ΔH) dengan tebal plat perforasi 5mm dan tebal 3mm. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik 4.2 diatas bahwa penurunan tekanan/ beda tekanan yang terjadi untuk belokan tanpa plat perforasi pada bilangan *Reynold* 16341,56775; 17703,36507; 19065,16238 secara berurutan menunjukkan 3291,883934Pa; 3329,589836Pa; 3466,947049Pa, sedangkan belokan dengan menggunakan tebal plat perforasi 3mm pada bilangan *Reynold* yang sama menunjukkan beda tekanan sebesar 3034,884839Pa; 3152,56082Pa; 3384,880054Pa. Belokan dengan pemasangan plat perforasi tebal 5mm pada bilangan *Reynold* yang sama tersebut (Δp)nya adalah 2776,770328Pa; 2787,144262Pa; 2988,367049Pa dan dengan pemasangan plat perforasi tebal 7mm beda tekanan yang terjadi adalah 2534,884839Pa; 2534,884839Pa; 2602,56082Pa. Hal yang sama juga terjadi pada data kerugian *head* karena kerugian *head* (ΔH) berbanding lurus dengan beda tekanan (Δp),

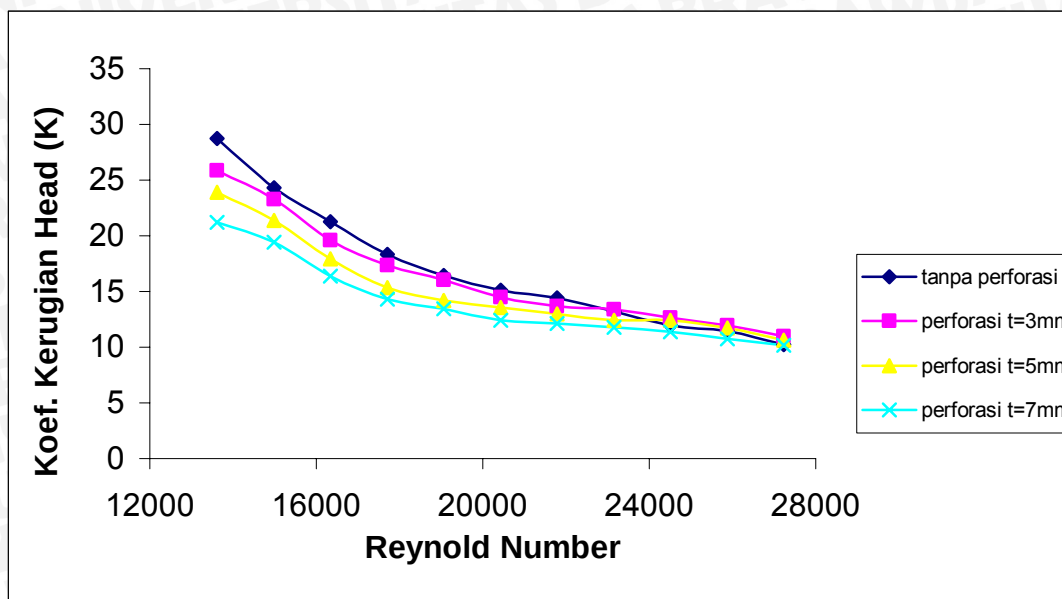
sesuai persamaan 2.12 dimana $\Delta H = \frac{\Delta P}{\gamma}$

Fenomena tersebut diatas dapat dijelaskan sebagai berikut: pada belokan pipa aliran fluida yang mengalir akan menabrak dinding belokan pipa, akibat tabrakan tersebut pada aliran fluida terjadi perubahan gaya sentrifugal dan momentum, sehingga menyebabkan gerakan dari aliran fluida ada yang berbelok melawan aliran utama sebelum meninggalkan belokan. Akibatnya setelah fluida keluar dari daerah belokan pipa dalam fluida tersebut akan terbentuk aliran sekunder/ *separasi*. Aliran sekunder

tersebut menyebabkan pola aliran fluida menjadi acak/ turbulen, yang dapat memicu terbentuknya *vortex*. Adanya *vortex* ini menyebabkan aliran fluida yang mengalir setelah belokan pipa akan mengalami penurunan tekanan/ *pressure drop* atau beda tekanan (Δp) yang meningkat. Dengan pemasangan plat perforasi pada belokan khususnya bagian hilir terbukti dapat mengurangi *losses*/ kerugian *head* yang terjadi akibat aliran sekunder. Plat perforasi yang semakin tebal dapat membuat pola aliran yang acak tersebut menjadi semakin seragam/ stabil karena fungsi plat perforasi disini adalah meluruskan/ menyearahkan dan menstabilkan pola aliran yang acak/ turbulen melalui lubang-lubang kecil/ perforasi sehingga semakin tebal plat perforasi maka *vortex* yang terbentuk setelah belokan semakin berkurang. Selain itu dengan pemasangan plat perforasi maka aliran sekunder *Twin-eddy* (pusaran ganda) yang terjadi akan mempunyai bentuk profil lingkaran. Dimana profil lingkaran tersebut dapat menyebabkan penurunan tekanan yang terjadi semakin mengecil.

Namun pada bilangan *Reynold* tertentu pemasangan plat perforasi pada belokan dapat menyebabkan terjadinya kenaikan beda tekanan (Δp) yang berarti kerugian *head*-nya (ΔH) meningkat. Fenomena ini terjadi pada pemasangan plat perforasi dengan ketebalan (t)= 3mm, dan 4mm. Pada gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa pada bilangan *Reynold* 24512,35163 belokan tanpa perforasi Δp menunjukkan sebesar 4172,586066Pa, sedangkan dengan penambahan plat perforasi dengan ketebalan (t) =3mm; 5mm untuk bilangan *Reynold* yang sama Δp menunjukkan adalah 4402,489836Pa dan 4326,102951Pa. Hal ini disebabkan karena pada bilangan *Reynold* tersebut aliran fluida setelah melewati plat perforasi masih memiliki pola aliran yang acak dan tidak stabil. Plat perforasi dengan ketebalan 3mm, dan 5mm masih belum dapat mengurangi secara signifikan *vortex* yang terjadi pada bilangan *Reynold* yang tinggi sehingga beda tekanan dan kerugian *head*-nya menjadi meningkat.

4.4.2. Analisis Grafik Hubungan Koefisien Kerugian *Head* dan Bilangan *Reynold*



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Koefisien Kerugian *Head* dengan Bilangan *Reynold*

Pada Gambar 4.3 diatas menunjukkan grafik hubungan antara Koefisien Kerugian *Head* (K) dan bilangan *Reynold* yang terjadi pada belokan pipa dengan variasi penambahan plat perforasi dengan ketebalan tertentu yang digunakan dalam penelitian ini. Dari gambar 4.3 tersebut dapat dinyatakan bahwa dengan semakin besar bilangan *Reynold* , maka menyebabkan nilai Koefisien Kerugian *Head* pada belokan pipa menurun. Ini juga dapat dilihat dari data pada grafik di atas dimana belokan pipa tanpa penambahan plat perforasi pada bilangan *Reynold* 13617,97313 Koefisien kerugian *head* sebesar 28,75978902, sedang pada bilangan *Reynold* 16341,56775 Koefisien kerugian *head*-nya turun menjadi 21,26158662. Koefisien Kerugian *Head* ini (K) terus mengalami penurunan sampai pada bilangan *Reynold* terbesar yaitu 27235,94626 dengan K sebesar 10,238299. Hal yang sama juga terjadi pada grafik plat perforasi dengan variasi ketebalan 3 mm, 5mm, dan 7mm.

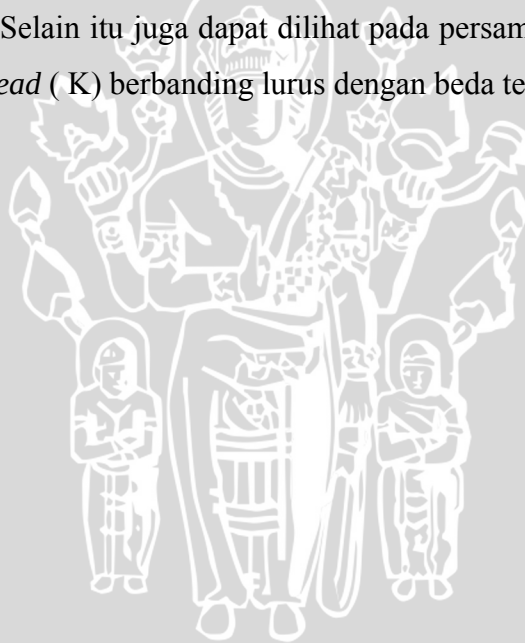
Hal tersebut diatas terjadi karena dengan semakin besar bilangan *Reynold* maka kecepatan fluida juga semakin meningkat, dimana semakin besar kecepatan fluida maka Koefisien Kerugian *Head* semakin kecil. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.8 yaitu :

$$\frac{\Delta P}{\rho} = K \cdot \frac{V^2}{2}$$

Menurut persamaan 2.8 tersebut terlihat bahwa nilai koefisien kerugian *head* (K) berbanding terbalik dengan kecepatan fluida (V).

Pada gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan plat perforasi pada belokan pipa dapat mengurangi koefisien kerugian *head* (K), dimana terlihat bahwa belokan pipa dengan penambahan plat perforasi tebal 7mm memiliki nilai koefisien kerugian *head* (K)paling kecil yang kemudian diikuti belokan pipa dengan tebal plat 5 mm, 3mm dan tanpa pemasangan plat perforasi. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa untuk bilangan *Reynold* yang sama yaitu 14979,77044 Koefisien kerugian *head* yang dihasilkan oleh belokan pipa dengan pemasangan plat perforasi tebal 7mm adalah 19,45365753. Sedangkan untuk tanpa penambahan plat perforasi dan dengan pemasangan plat perforasi tebal 3mm, dan 5mm menghasilkan koefisien kerugian *head* sebesar 24,28865362; 23,29690439; 21,40573334.

Hal ini disebabkan dengan pemasangan plat perforasi maka beda tekanannya (Δp) berkurang dibandingkan tanpa penambahan plat perforasi dan semakin tebal plat perforasinya, maka beda tekanan (Δp) semakin kecil seperti yang terlihat pada pembahasan gambar 4.2. Selain itu juga dapat dilihat pada persamaan 2.8 diatas bahwa nilai koefisien kerugian *head* (K) berbanding lurus dengan beda tekanan (Δp).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- ⇒ Pemasangan plat perforasi pada bagian hilir belokan pipa mempengaruhi penurunan/ beda tekanan dan koefisien kerugian *head*.
- ⇒ Dengan semakin tebal plat perforasi maka beda tekanan dan kerugian *head* yang terjadi pada belokan pipa semakin mengecil karena pusaran ganda yang terjadi (*Twin-eddy secondary flow*) mempunyai profil lingkaran, dimana profil lingkaran seperti ini mempunyai momen inersia yang minimum.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan :

1. Variasi bilangan *Reynold* yang berbeda atau lebih besar lagi agar dapat diketahui efek dari pemasangan plat perforasi tersebut pada bilangan *Reynold* yang lebih tinggi dari penelitian ini.
2. Letak/ posisi pemasangan plat perforasi pada belokan pipa dan geometri plat perforasi yang berbeda agar diperoleh beda tekanan (Δp) dan kerugian *head* yang rendah.
3. Fluida yang digunakan adalah *compressible* dan perlu adanya analisa tentang visualisasi pola aliran fluida sebelum dan setelah melewati plat perforasi.
4. Variasi diameter belokan pipa yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Muntaha, Ridho; 2004: *Pengaruh jumlah sudu pengarah terhadap penurunan tekanan dan koefisien kerugian head pada belokan pipa* ; Skripsi; Universitas Brawijaya, Malang
- Papanastasiou, Tasos.C.; 1994: *Applied Fluid Mechanics* ; Prentice-Hall Inc, New Jersey
- Potter, Merle.C, and Wiggert, David.C; 1997: *Fluid Mechanics* ; Prentice-Hall Inc, New Jersey
- Setyarini, Putu Hadi; 2003: *Pengaruh jumlah alur memanjang terhadap beda tekanan dan koefisien gesek pada pipa horizontal* ; Thesis; Universitas Brawijaya, Malang.
- Shao, Ziqiong; 2001: *Numerical and Experimental Evaluation Through Perforated Plates* ; Desertasi tidak diterbitkan; University Rand Afrikaans, Afrika
- Victor. L, Streeter; 1988: *Mekanika Fluida 1* ; Mc Graw Hill Book Company, New York
- White, Fank. M.;1999: *Fluid Mechanics* ;Mc Graw Hill Book Company, New York
- Witanto, Yovan; 2004: *Pengaruh perforasi terhadap perilaku vortex dibelokan dan penurunan tekanan pada instalasi pipa* ; Thesis; Universitas Brawijaya, Malang
- <http://www.flowconditioner.com/products/flowc.htm> (download Mei 2006)

Lampiran 1

Tabel Properties Air (*Water*) dalam satuan SI

Temp, °C	Unit gravity force γ , N/m ³	Density ρ , kg/m ³	Viscosity μ , Pa · s	Kinematic viscosity ν , m ² /s 10 ⁶ ν =	Surface tension σ , N/m 100 σ =	Vapor- pressure p_v , kPa	Bulk modulus of elasticity K , GPa
0	9805	999.9	1.792	1.792	7.62	0.6	2.04
5	9806	1000.0	1.519	1.519	7.54	0.9	2.06
10	9803	999.7	1.308	1.308	7.48	1.2	2.11
15	9798	999.1	1.140	1.141	7.41	1.7	2.14
20	9789	998.2	1.005	1.007	7.36	2.5	2.20
25	9779	997.1	0.894	0.897	7.26	3.2	2.22
30	9767	995.7	0.801	0.804	7.18	4.3	2.23
35	9752	994.1	0.723	0.727	7.10	5.7	2.24
40	9737	992.2	0.656	0.661	7.01	7.5	2.27
45	9720	990.2	0.599	0.605	6.92	9.6	2.29
50	9697	988.1	0.549	0.556	6.82	12.4	2.30
55	9679	985.7	0.506	0.513	6.74	15.8	2.31
60	9658	983.2	0.469	0.477	6.68	19.9	2.28
65	9635	980.6	0.436	0.444	6.58	25.1	2.26
70	9600	977.8	0.406	0.415	6.50	31.4	2.25
75	9589	974.9	0.380	0.390	6.40	38.8	2.23
80	9557	971.8	0.357	0.367	6.30	47.7	2.21
85	9529	968.6	0.336	0.347	6.20	58.1	2.17
90	9499	965.3	0.317	0.328	6.12	70.4	2.16
95	9469	961.9	0.299	0.311	6.02	84.5	2.11
100	9438	958.4	0.284	0.296	5.94	101.3	2.07

Pressure Transmitter Type 4341

Application

Pressure transmitters are used to measure pressures in liquids and gases. The pressure is converted into an electrical signal.

Special advantages are:

- compact construction
- built-in amplifier
- large output signal
- advantageous price/performance ratio
- largely compatible with fluids

Type designation

4341-242	Series 4341
4341	Pressure transmitter with thick-film sensor
-242	output 4 — 20 mA, 2-wire
-106	output 1 — (5) 6 V
-010	output 0 — 10 V

Extra Codes

- / 73 with cable attached
- / 76 wetted parts in stainless steel (only on spans 2.5 bar and above)
- / 93 special ranges

Ordering example

Pressure transmitter Type 4341-242 / 73
range: 0 — 4 bar

Ranges

Gauge pressure

-1 to 0 bar
-1 to 1.5 bar
-1 to 3 bar
-1 to 5 bar
-1 to 9 bar
-1 to 15 bar
0 to 0.6 bar*
0 to 1 bar
0 to 1.6 bar
0 to 2.5 bar
0 to 4 bar
0 to 6 bar
0 to 10 bar
0 to 16 bar
0 to 25 bar
0 to 40 bar
0 to 60 bar
0 to 100 bar

* range 0 — 0.6 bar not available with output 4 — 20 mA

Technical data

Case

stainless steel, Mat.Ref. 1.4301
polycarbonate

Wetted parts

normally: stainless steel Mat.Ref. 1.4762
and brass, Mat.Ref. 2.0401
on spans up to 1.6 bar: alumina ceramic,
brass Mat.Ref. 2.0401 and FPM (Viton)
Code / 76: stainless steel Mat.Ref. 1.4762
and Mat.Ref. 1.4571
(from 2.5 bar span upwards)

Pressure connection

normally 1/4" pipe A to DIN 16 288
other connections to special order

Electrical connection

terminal box to DIN 43 650,
Form AF,
up to 1.5 mm² conductor cross-section.
Code / 73:
attached 3-core screened PVC cable,
length 2 m;
other lengths to special order.

Supply

normally 11.5 to 30 V DC
Residual hum: the voltage peaks must not go
above or below the values specified for the
supply voltage.
Max. current loading: 30 mA approx.

Supply voltage error

0.03 % max. per V
(nominal supply voltage 24 V DC)

Output

1 — (5) 6 V, burden 3 kΩ min.
4 — 20 mA, burden $\frac{U - 11.5V}{0.02A}$ max.
0 — 10 V, burden 3 kΩ min.

Burden error

less than 0.5 %

Characteristic

linear

Deviation from characteristic after range start adjustment

1 % of output span or less, to IEC 770
(zero signal error: ± 0.6 % of output span)

Overload limit

200 % full scale
to VDI/VDE 2184



Hysteresis and reproducibility
0.5 % or better

Permitted ambient temperature
(temperature at case) — 40 to + 85 °C

Permitted temperature of medium
— 40 to + 85 °C

Ambient temperature error
within range — 20 to + 70 °C
zero: 0.05 % / °C or less
span: 0.05 % / °C or less

Electromagnetic compatibility

electrostatic discharge:
IEC 801-2 / severity 4
(test voltage 15 kV)
radiated electromagnetic field:
IEC 801-3 / severity 3
(test field strength 10 V / m)
fast transient / burst:
IEC 801-4 / severity 4
(test voltage on I / O line 2 kV)

Response time
30 msec max.

Mechanical vibration
10 g max. at 15 — 2000 Hz

Mechanical shock
500 g / 1 msec

Operating position
unrestricted

Protection
standard version IP65 to EN 60 529
(min. connecting cable dia. 5 — 7 mm)

Code / 73:
IP66 to EN 60 529

Weight
110 g

1.97 / 00307238

LAMPIRAN 3

DATA HASIL PENGUJIAN



