



TUGAS AKHIR - TM141585

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *UPSTREAM*
DISTURBANCE BODY TERHADAP GAYA HAMBAT
SILINDER TUNGGAL DAN *PRESSURE DROP* SALURAN

SAIFUL MA'ARIF
2106100146

Dosen Pembimbing
DR. WAWAN ARIES WIDODO, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TM141585

EXPERIMENTAL STUDY ABOUT THE INFLUENCE OF
UPSTREAM DISTURBANCE BODY ON THE DRAG
FORCE OF SINGLE CYLINDER AND ON THE
PRESSURE DROP OF A CHANNEL

SAIFUL MA'ARIF
2106100146

Advisor Lecturer
DR. WAWAN ARIES WIDODO, ST., MT.

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *UPSTREAM*
DISTURBANCE BODY TERHADAP GAYA HAMBAT
SILINDER TUNGGAL DAN *PRESSURE DROP* SALURAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SAIFUL MA'ARIF
NRP. 2106100146

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Wawan Aries Widodo, ST., MT
NIP. 197104051997021001.....(Pembimbing)
2. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., Ph.D
NIP. 196412281990031002.....(Penguji I)
3. Nur Ikhwan, ST., M.Eng.
NIP. 196709151995121001.....(Penguji II)
4. Vivien Suphandani., ST., ME., Ph.D
NIP. 198105292003122001.....(Penguji III)

SURABAYA
JUNI, 2015

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *UPSTREAM DISTURBANCE BODY* TERHADAP GAYA HAMBAT SILINDER TUNGGAL DAN *PRESSURE DROP* SALURAN

Nama : Saiful Ma'arif
NRP : 2106100146
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Wawan Aries Widodo, ST., MT.

Abstrak

Gaya *drag* dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu intensitas turbulensi aliran, geometri suatu benda, kekasaran permukaan dan lain-lain. Intensitas turbulensi aliran yang melintasi benda dapat dipengaruhi pengganggu yang berada di depan permukaan benda tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh silinder pengganggu terhadap gaya *drag* silinder tunggal dan juga *pressure drop* saluran.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen pada sebuah *wind tunnel* berdimensi 200 mm x 200 mm x 1800 mm. Benda uji yang digunakan berupa silinder sirkular berdiameter (D) 25 mm yang disusun secara tandem terhadap *Upstream Disturbance Bodi (UDB)* berbentuk silinder sirkular. Diameter *UDB* (d) yaitu 4 mm dan 8 mm. Variasi jarak antar silinder L/D 1,25-3,00 dengan interval 0,25. Bilangan *Reynolds* (Re_{Dh}) yang digunakan dalam pengambilan data *pressure drop* $7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$. Untuk pengambilan data koefisien tekanan dan perhitungan koefisien drag secara eksperimen digunakan Re_{Dh} $7,37 \times 10^4$ pada L/D 1,75 ; d/D 0,16, L/D 2,0 ; d/D 0,32 dan Re_{Dh} $1,07 \times 10^5$ pada L/D 1,25 untuk d/D 0,16 maupun 0,32.

Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai *pressure drop* susunan terendah yaitu 1,2 kali nilai *pressure drop* silinder tunggal terjadi pada variasi L/D 1,25 dan d/D 0,32. Pada susunan ini pula, koefisien drag tekanan silinder turun sebesar 42% dari koefisien drag tekanan silinder tunggal.

Kata kunci : silinder sirkular, koefisien *drag*, bilangan *Reynolds*, *UDB*.

EXPERIMENTAL STUDY ABOUT THE INFLUENCE OF UPSTREAM DISTURBANCE BODY ON THE DRAG FORCE OF SINGLE CYLINDER AND ON THE PRESSURE DROP OF A CHANNEL

Name : Saiful Ma'arif
NRP : 2106100146
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Advisor Lecturer : Dr. Wawan Aries Widodo, ST., MT.

Abstract

Drag force was influenced by turbulent intensity, bluff body's geometry, and contour's roughness. Disturbance body which is laid in front of main body can change the turbulent intensity. The objective of this present study was to investigate experimentally the influence of upstream disturbance body on the single cylinder's drag force and on the duct's pressure drop.

Experiment was conducted in a wind tunnel with a test section of 200 mm width, 200 m m height, and 1 800 m length. The Upstream Disturbance Body (UDB) was laid on the upstream of main circular cylinder ($D = 25 \text{ m m}$). The diameter of Upstream Disturbance Body ranged from 4mm and 8mm. The spacing ratio of main cylinder to Upstream Disturbance Body (UDB) were varied from L/D 1,25-3,00 with interval of 0,25. Reynolds Number based on hydraulic diameter (Re_{Dh}) for pressure drop's experiment ranged from $7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$.

The drag coefficient of main circular cylinder decreased about 42% when a pair of 8 mm Upstream Disturbance Body (UDB) was installed at spacing ratio (L/D) 1,25. The maximum value of pressure drop from this variation was 1,2 times higher than pressure drop of single cylinder.

Keywords : circular cylinder, drag coefficient, Reynolds Number, pressure coefficient, UDB

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan semesta alam yang selalu memberi kasih sayang tiada tara pada penulis hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul:

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *UPSTREAM DISTURBANCE BODY* TERHADAP GAYA HAMBAT SILINDER TUNGGAL DAN *PRESSURE DROP* SALURAN

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan bimbingan dan doa kepada penulis.
2. Ir. Bambang Pramujati, M.Eng., Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Mesin FTI-ITS dan dosen wali penulis.
3. Dr. Wawan Aries Widodo, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi bimbingan serta arahan bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Ir. Sutardi, M.Eng., Ph.D., Nur Ikhwan, S.T, M.Eng, dan Vivien Suphandani D., S.T., M.E., Ph.D, selaku dosen penguji yang memberi banyak bimbingan dan masukan yang sangat membangun.
5. Prof. I Made Londen Batan selaku dosen pembimbing perancangan elemen mesin yang sangat menambah pengetahuan bagi penulis.
6. Ir. Kadarisman selaku dosen pembimbing kerja praktek yang sangat menambah pengetahuan bagi penulis.
7. Seluruh dosen yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang pernah memberikan ilmunya kepada penulis.

8. Istriku (Aida Annisa Amin Daman) yang selalu menemani, membantu penulis dari awal semester 2 hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Keluarga besarku dan keluarga besar Istriku di Jombang, Madura, Kalimantan Selatan, dan Malaysia yang telah memberikan motivasi dan dorongan serta doa-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dan studi di Teknik mesin ITS ini dengan hasil yang terbaik.
10. Bapak Nur Rochman dan Bapak Tris yang sudah memberikan nasehat yang bermanfaat.
11. Segenap keluarga besar Lab. Mekanika Fluida. Erin, Ageng, dan semua penghuni Lab yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas dukungan dan diskusi selama ini.
12. Teman-teman M-49 sekalian yang tidak bisa disebutkan yang telah menjadi teman-teman penulis dari awal kuliah hingga sekarang.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kelemahan dan membutuhkan penyempurnaan. Oleh sebab itu masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan demi sempurnanya tugas akhir ini. Akhirnya penulis menaruh secuil harapan, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalammu'alaikum, wr. wb.

Surabaya, Juli 2015

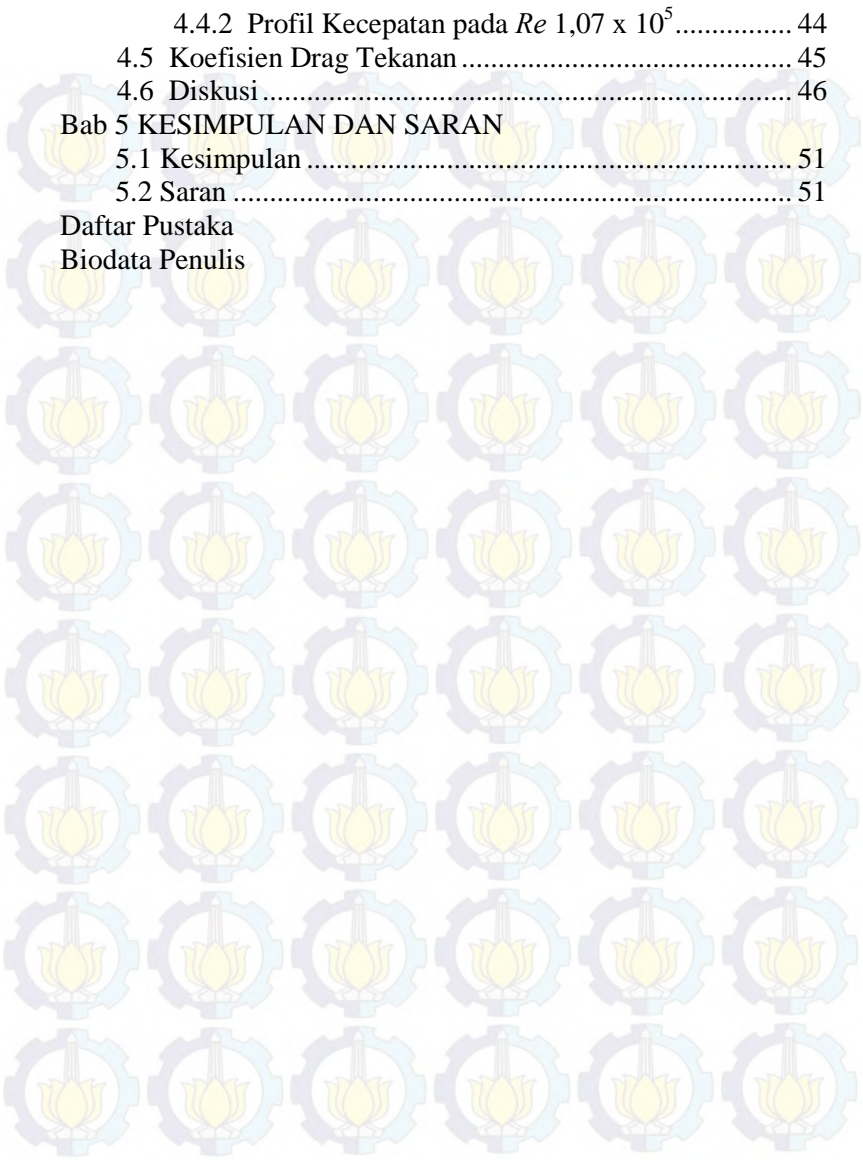
Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Abstrak	i
<i>Abstract</i>	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Simbol dan Satuan	ix
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xiii
Bab I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian tentang pengurangan gaya <i>drag</i> pada silinder sirkular tunggal	5
2.2 Penelitian tentang Pengaruh Rasio <i>d/D</i> terhadap <i>Pressure Drop</i> pada Saluran	9
2.3 Pengaruh <i>Intensitas</i> Turbulensi pada Sisi <i>Free Stream</i> Terhadap Reduksi Gaya <i>Drag</i> Silinder Sirkular.....	11
2.4 Penelitian tentang pengaruh dinding dan <i>blockage ratio</i> terhadap koefisien drag silinder.....	12
Bab 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Skema Penelitian.....	15
3.2 Peralatan	16
3.2.1 Benda Uji	16
3.2.2 <i>Wind Tunnel</i> (Terowongan Angin)	17
3.2.3 Alat Ukur	18

3.3	Validasi Transduser Tekanan dan Data Aquisi.....	19
3.3.1	Alat yang digunakan	19
3.3.2	Langkah-langkah validasi	19
3.4	Prosedur Pengambilan Data.....	21
3.4.1	Prosedur Pengambilan Data <i>Pressure Drop</i>	21
3.4.2	Prosedur Pengambilan Data Koefisien Tekanan	22
3.5	Urutan Langkah Penelitian	23
3.6	Hasil Percobaan	23
3.7	Flowchart Penelitian	25
Bab 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Nilai <i>Pressure Drop</i>	27
4.1.1	Nilai <i>Pressure Drop</i> Saluran Kosong, Silinder Tunggal dan Silinder dengan pengganggu $d/D = 0,16$	27
4.1.2	Nilai <i>Pressure Drop</i> Saluran Kosong, Silinder Tunggal dan Silinder dengan pengganggu $d/D = 0,32$	29
4.1.3	Perbandingan Nilai <i>Pressure Drop</i> pada L/D yang sama	31
4.2	Perbandingan <i>Pressure Drop</i> tiap susunan terhadap <i>Pressure Drop</i> silinder tunggal ($\Delta P/\Delta P_s$).....	33
4.3	Distribusi Koefisien Tekanan	35
4.3.1	Distribusi Koefisien Tekanan pada silinder dengan pengganggu 0,16 pada $Re 7,37 \times 10^4$	36
4.3.2	Distribusi Koefisien Tekanan pada silinder dengan pengganggu 0,16 pada $Re 1,07 \times 10^5$	37
4.3.3	Distribusi Koefisien Tekanan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,32$ pada $Re 7,37 \times 10^4$	38
4.3.4	Distribusi Koefisien Tekanan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,32$ pada $Re 1,07 \times 10^5$	39
4.3.5	Distribusi Koefisien Tekanan silinder dengan pengganggu $L/D 1,25$ pada $Re 1,07 \times 10^5$	40
4.4	Profil Kecepatan	42
4.4.1	Profil Kecepatan pada $Re 7,37 \times 10^4$	42

4.4.2 Profil Kecepatan pada $Re\ 1,07 \times 10^5$	44
4.5 Koefisien Drag Tekanan	45
4.6 Diskusi	46
Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
Daftar Pustaka	
Biodata Penulis	

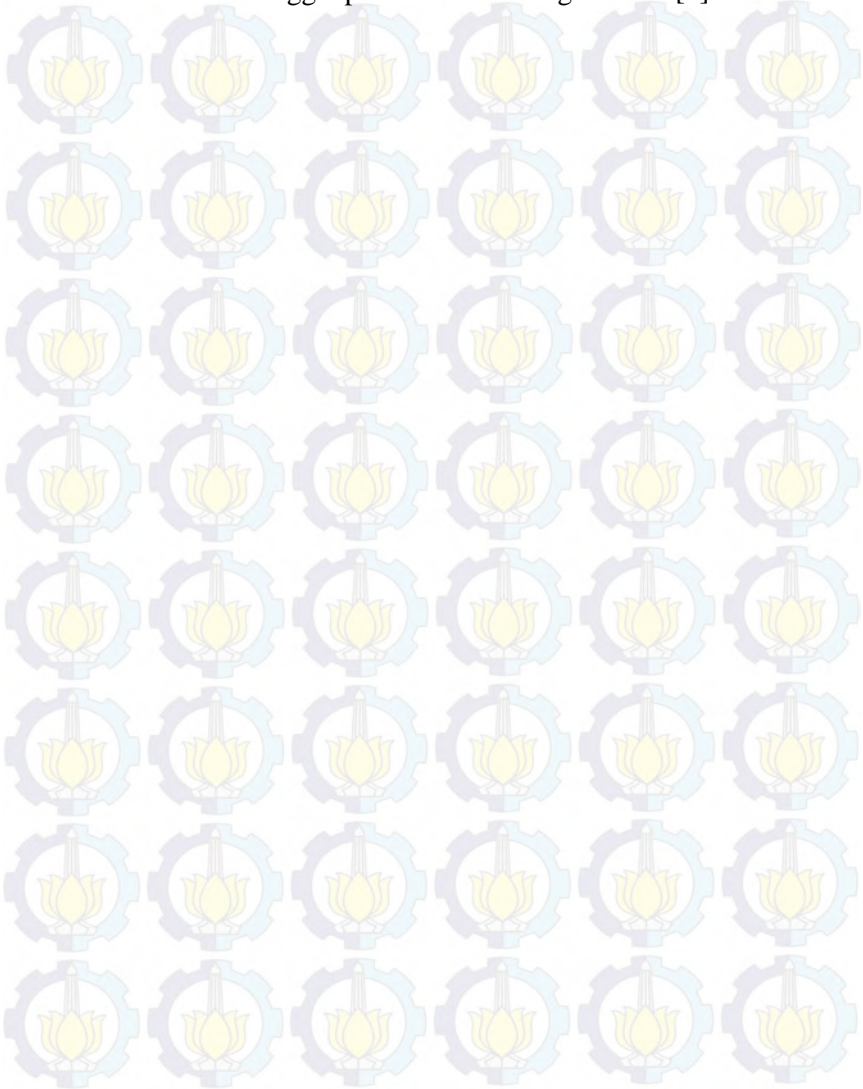


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema penelitian [4].....	5
Gambar 2.2	Grafik koefisien <i>drag</i> total terhadap Re , [4]	6
Gambar 2.3	Skema penelitian [3].....	6
Gambar 2.4	<i>Flow visualization</i> untuk rasio silinder pengganggu $d/D = 0,233$ (a) $L/D = 2,0$, (b) $2,08$, (c) $2,5$, (d) $3,0$. [3].....	7
Gambar 2.5	Pengaruh variasi rasio jarak terhadap koefisien drag pada silinder sirkular ■ $d/D = 0.133$; □ 0.167 ; ▲ 0.2 ; △, 0.233 ; ► 0.267 ; ◆ 0.25 (Tsutsui and Igarashi, 1995); □ 0.3 (Tsutsui and Igarashi, 1995). [3]	8
Gambar 2.6	Pengaruh variasi batang pengganggu terhadap koefisien drag pada silinder sirkular, L/D : ■ 1.5 ; ● 1.83 ; ▲ 2.0 ; ; ▼ 2.08 ; ◆ 2.33 ; ◀ 3.0 ; ► 4.0 [3]	9
Gambar 2.7	Instalasi penelitian [2].....	10
Gambar 2.8	Hasil <i>Pressure Drop</i> terhadap bilangan <i>Reynolds</i> , (a) $d/D 0,32$; (b) $d/D 0,16$; (c) $d/D 0,1$ [2]	10
Gambar 2.9	Pengaruh intensitas turbulensi terhadap <i>coefficient of drag (CD)</i> pada silinder sirkular [1]	11
Gambar 2.10	Gambar. 2.10 Grafik koefisien tekanan base terhadap <i>blockage ratio</i> [5].....	13
Gambar 3.1	Instalasi penelitian	15
Gambar 3.2	Silinder Sirkuler	16
Gambar 3.3	<i>Upstream Disturbance Body (UDB)</i> (a) 8 mm; (b) 4 mm	17
Gambar 3.4	Susunan <i>wind tunnel</i>	18
Gambar 3.5	Alat ukur yang digunakan.....	19
Gambar 3.6	Grafik validasi hubungan ketinggian manometer dengan arus tekanan dinamis	20
Gambar 3.7	Grafik validasi hubungan ketinggian manometer dengan arus tekanan statis.....	21

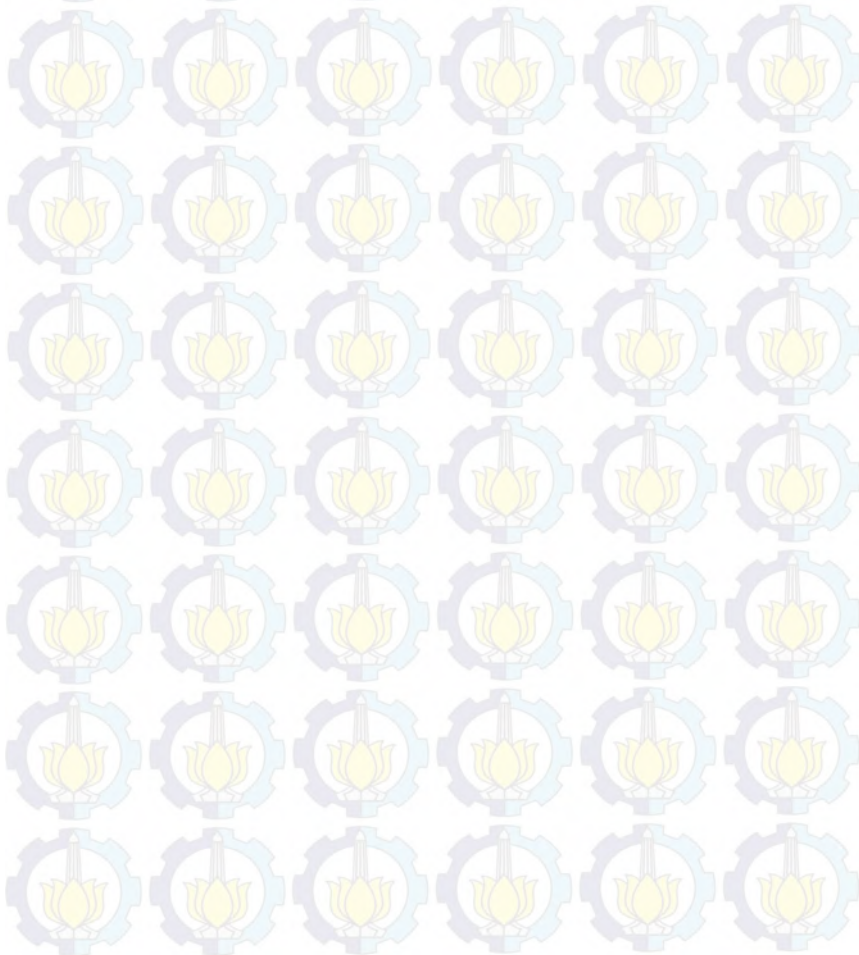
Gambar 4.1	Grafik <i>Pressure Drop</i> terhadap bilangan <i>Reynolds</i> untuk $d/D = 0,16$	29
Gambar 4.2	Grafik <i>Pressure Drop</i> terhadap bilangan <i>Reynolds</i> untuk $d/D = 0,32$	30
Gambar 4.3	Nilai <i>pressure drop</i> pada (a) L/D 1,25 dan (b) L/D 1,75 untuk dua variasi d/D	31
Gambar 4.4	Nilai <i>pressure drop</i> pada (a) L/D 2,0 dan (b) L/D 3,0 untuk dua variasi d/D	32
Gambar 4.5	Grafik perbandingan nilai <i>pressure drop</i> susunan terhadap nilai <i>pressure drop</i> silinder tunggal untuk <i>Upstream Disturbance Body (UDB)</i> (a) $d/D = 0,16$ dan (b) $d/D = 0,32$	34
Gambar 4.6	Distribusi koefisien tekanan silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,16$ pada Re $7,37 \times 10^4$	36
Gambar 4.7	Distribusi koefisien tekanan silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,16$ pada Re $1,07 \times 10^5$	38
Gambar 4.8	Distribusi koefisien tekanan silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,32$ pada Re $7,37 \times 10^4$	39
Gambar 4.9	Distribusi koefisien tekanan silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,32$ pada Re $1,07 \times 10^5$	40
Gambar 4.10	Perbandingan Distribusi koefisien tekanan silinder dengan pengganggu $d/D = 0,16$ dan $d/D = 0,32$ pada Re $1,07 \times 10^5$	41
Gambar 4.11	Profil kecepatan dibelakang susunan silinder dengan pengganggu (a) $d/D = 0,16$ dan (b) $d/D = 0,32$ pada Re $7,37 \times 10^4$	43
Gambar 4.12	Profil kecepatan dibelakang susunan silinder dengan pengganggu pada Re $1,07 \times 10^5$	44
Gambar 4.13	Perbandingan nilai <i>pressure drop</i> silinder tunggal penelitian sekarang dan penelitian Hariyanto [2]	48

Gambar 4.14 Perbandingan nilai koefisien tekanan silinder tunggal penelitian sekarang dan Lee[3]..... 48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil penelitian Weidman [5]	12
Tabel 3.1	Urutan Langkah Penelitian	23
Tabel 4.1	Nilai koefisien drag tekanan silinder	46





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita jumpai fenomena aliran fluida melintasi benda maupun saluran, sebagai contoh *heat exchanger* yang didalam tube maupun diluar tube dialiri oleh fluida, kemudian pipa dalam laut. Dalam dunia teknik, benda tersebut sering disebut sebagai *bluff body*. *Bluff body* yang dilingkupi fluida akan mengalami gaya akibat interaksi dengan fluida. Untuk aliran dua dimensi gaya-gaya yang sejajar dengan arah aliran fluida disebut gaya *drag*, sedangkan gaya yang tegak lurus terhadap arah aliran dinamakan gaya *lift*, dimana dalam kebanyakan kasus adanya gaya *drag* tidaklah diinginkan. Kedua gaya tersebut sangatlah dipengaruhi oleh letak titik separasi pada body. Maka dari itu pengetahuan mengenai gaya *lift* dan *drag* dan cara mereduksinya sangat diperlukan untuk mendesain konstruksi yang berguna untuk meningkatkan efisiensinya.

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi gaya *drag* yaitu intensitas turbulensi, geometri benda, kekasaran permukaan, adanya *disturbance body* dan *blockage ratio*. Penelitian mengenai pengurangan gaya *drag* pada silinder sirkular tunggal dilakukan oleh **Lee, dkk** [3] dengan menggunakan kawat pengganggu di daerah *upstream*, silinder utama. Variasi diameter pengganggu terhadap diameter silinder utama yang digunakan d/D 0.133 sampai 0.267. Koefisien drag silinder sirkular utama berkurang sebesar 29% ketika menggunakan diameter kawat pengganggu $d = 7$ mm ($d/D = 0.233$). **Hariyanto** [2] meneliti *pressure drop* pada saluran dengan silinder pengganggu di depan silinder utama secara tandem. Rasio diameter silinder pengganggu terhadap silinder utama bervariasi yaitu d/D 0,32; 0,16; 0,1. Hasil yang diperoleh penggunaan rasio d/D 0,32 menghasilkan nilai *pressure drop* terendah.

Dari penelitian tersebut, maka muncul pemikiran untuk melakukan penelitian mengenai reduksi gaya fluida pada silinder



sirkular, yang disusun secara *single* silinder dengan sebuah pengganggu yang diletakkan di daerah *upstream* silinder sirkular utama. Serta pada penelitian ini juga dilihat *pressure drop* dari beberapa variasi susunan. Dari penelitian ini dilihat pengaruh beberapa variasi susunan terhadap distribusi koefisien tekanan (C_p), koefisien *drag* (C_D) dan *pressure drop* pada saluran.

1.2 Perumusan masalah

Aliran fluida yang melintasi suatu *bluff body* dalam hal ini berbentuk silinder akan terbagi ke dua arah yaitu aliran *upper side* dan aliran *lower side*. Pada permukaan silinder yang dialiri fluida akan terbentuk *boundary layer*. Jika momentum aliran tidak mampu untuk melawan efek gesekan dan *adverse pressure gradient* maka *streamline* akan mengalami pemisahan dari kontur sehingga terjadi separasi. Separasi aliran yang terjadi lebih awal mengakibatkan *wake* yang terbentuk lebar sehingga gaya *drag* pada silinder besar. Salah satu cara untuk mengurangi gaya *drag* silinder yaitu menambah *body* pengganggu. Penambahan *body* pengganggu bertujuan untuk mempercepat transisi *boundary layer turbulent* silinder utama sehingga aliran lebih mampu menahan *adverse pressure gradient* dan mengalami penundaan letak separasi. Penundaan titik separasi mempersempit lebar *wake* sehingga gaya *drag* berkurang. Penelitian **Lee, dkk** [3] menunjukkan pengaruh d/D dan L/D terhadap koefisien *drag* silinder tunggal. Sedangkan menurut penelitian **Weidman** [5], koefisien *drag* dipengaruhi oleh *blockage ratio* (D/H). Semakin besar nilai *blockage ratio*, hasil koefisien *drag* silinder semakin tinggi.

Kemudian aliran yang melewati suatu saluran kosong akan mengalami penurunan tekanan yang sering disebut *pressure drop*. Penambahan susunan benda didalam saluran akan mengakibatkan *pressure drop* semakin meningkat. **Hariyanto** [2] meneliti *pressure drop* pada saluran dengan silinder pengganggu di depan silinder utama secara tandem dengan memvariasikan d/D dan diperoleh semakin kecil ratio d/D , nilai *pressure drop* meningkat.



Oleh karena itu, berdasar beberapa teori dan penelitian diatas, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan silinder pengganggu terhadap pengurangan koefisien *drag* dan pengaruh variasi L/D dan d/D susunan silinder pengganggu dan silinder utama terhadap nilai *pressure drop* sehingga diperoleh hasil koefisien *drag* dan *pressure drop* terendah. Penelitian dilakukan dengan *blockage ratio* yang berbeda dengan penelitian diatas. Sehingga pengaruh *blockage ratio* juga dianalisa terhadap hasil koefisien *drag* dan *pressure drop*.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menjelaskan fenomena yang terjadi akibat adanya body pengganggu pada silinder sirkular dengan susunan tandem Body pengganggu ditempatkan di daerah *upstream* silinder utama dengan susunan tandem.

Adapun tujuan dari penelitian yang kami lakukan ini yaitu

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan diameter silinder pengganggu dan jarak antar silinder pengganggu dan silinder utama terhadap *pressure drop*.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan diameter silinder pengganggu terhadap nilai koefisien *drag* dilihat dari distribusi koefisien tekanan (C_p).

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan masalah yang ditetapkan, agar penelitian yang dilakukan bisa lebih terfokus. Batasan masalah tersebut adalah

1. Fluida kerja adalah udara dengan kondisi aliran *freestream* yang bersifat *steady*, *incompressible* dan aliran uniform di sisi *upstream* test section
2. Benda kerja berupa silinder sirkular dengan body pengganggu berupa silinder sirkular.
3. Kemungkinan terjadinya efek perpindahan panas akibat gesekan antara aliran fluida terhadap dinding saluran dan silinder sirkular diabaikan



1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dari penelitian

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan semua hal yang menunjang atau dasar teori dari penelitian ini, yaitu penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dan berkaitan dengan penelitian ini

3. Bab III Metoda Penelitian

Bab ini akan menerangkan tentang peralatan yang digunakan dalam percobaan, benda uji dan metoda yang digunakan dalam penelitian.

4. Bab IV Analisa Hasil Penelitian

Bab ini berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pengolahan dari data-data yang didapat kemudian dianalisa lebih lanjut.

5. Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian dan saran yang perlu diberikan

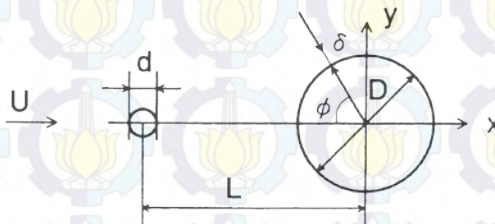


BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai aliran melintasi silinder sirkular single maupun tandem telah dilakukan. Beberapa penelitian menggunakan silinder pengganggu untuk mereduksi gaya *drag* silinder utama. Penelitian dilakukan secara eksperimen maupun numerik. Beberapa penelitian yang menjadi referensi penelitian ini sebagai berikut :

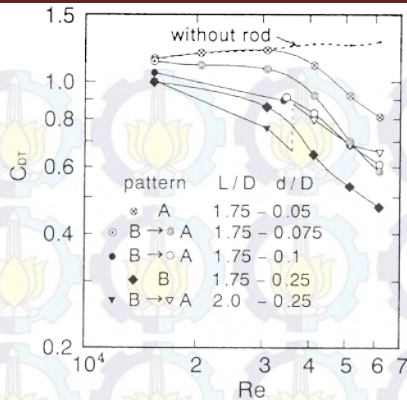
2.1. Penelitian tentang pengurangan gaya *drag* pada silinder sirkular tunggal

Tsutsui dan Igarashi [4] melakukan penelitian terhadap silinder sirkular tunggal yang diletakkan pengganggu pada sisi *upstream* seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Diameter silinder utama (D) 40 mm, diameter silinder pengganggu (d) bervariasi dari 1 sampai 10 mm. Jarak antar silinder pengganggu dan silinder utama (L) divariasikan mulai 50-120 mm. Bilangan *Reynolds* berdasar diameter silinder utama sebesar $1,5 \times 10^4$ sampai $6,2 \times 10^4$.



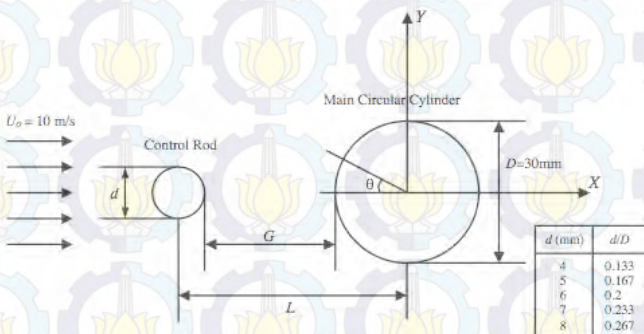
Gambar 2.1. Skema penelitian [4]

Hasil penelitian pada gambar 2.2 menunjukkan penurunan koefisien *drag* total optimum terjadi pada instalasi d/D 0,25 dan L/D 2,0 untuk $Re < 4,1 \times 10^4$ dan L/D 1,75 untuk $Re \geq 4,1 \times 10^4$. Besar pengurangan koefisien *drag* total optimum yaitu 63%.

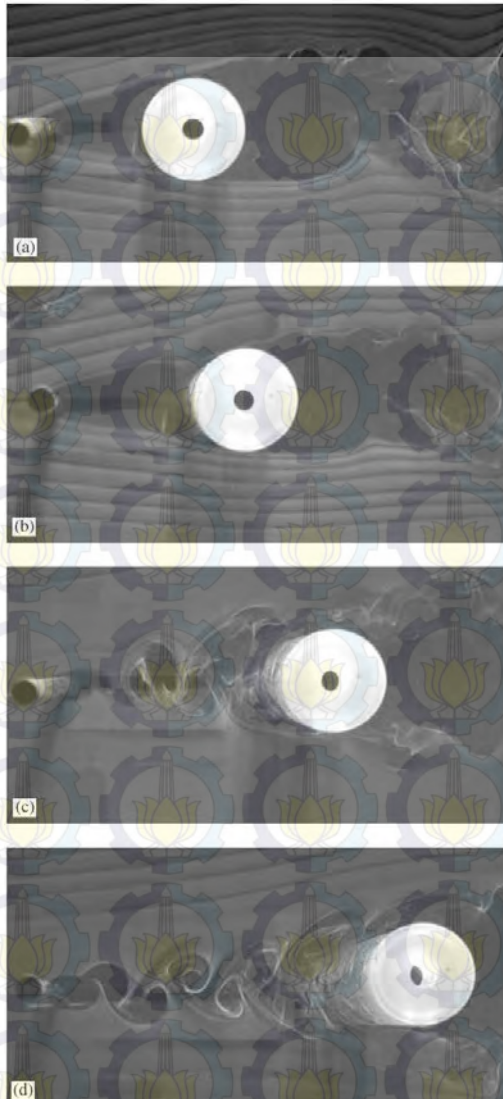


Gambar 2.2. Grafik koefisien *drag* total terhadap Re , [4]

Penelitian **Lee, dkk** [3] tentang cara menurunkan koefisien *drag* dengan penambahan silinder pengganggu didepan sebuah profil silinder sirkular (D) 30 mm. Silinder pengganggu yang digunakan berupa batang sirkular polos dengan diameter yang berkisar antara d 4 – 8mm ($d/D = 0,133$ hingga $0,267$) dengan interval 1 mm. Jarak antar silinder pengganggu dan silinder utama (L/D) divariasikan dari 1,5 sampai 4,0. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Skema penelitian [3]



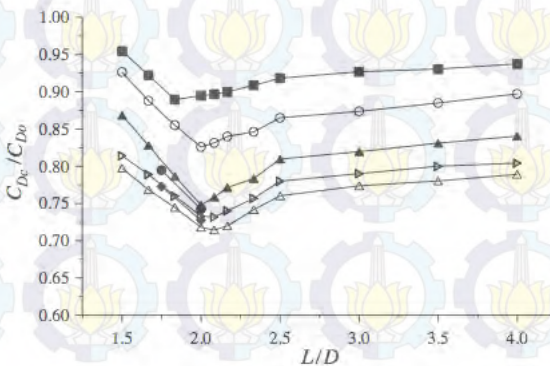
Gambar 2.4. *Flow visualization* untuk rasio silinder pengganggu $d/D = 0,233$ (a) $L/D = 2,0$, (b) $2,08$, (c) $2,5$, (d) $3,0$. [3]



Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan sebuah *subsonic wind tunnel* dengan tipe *close-return* yang memiliki area *test section* 0,72m x 0,6m x 6m. Kecepatan yang digunakan sebesar $U_o = 10$ m/s dengan tingkat turbulensi berkisar pada 0.08% dan Re 20.000. Hasil penelitian ditunjukkan gambar 2.4 sampai 2.6.

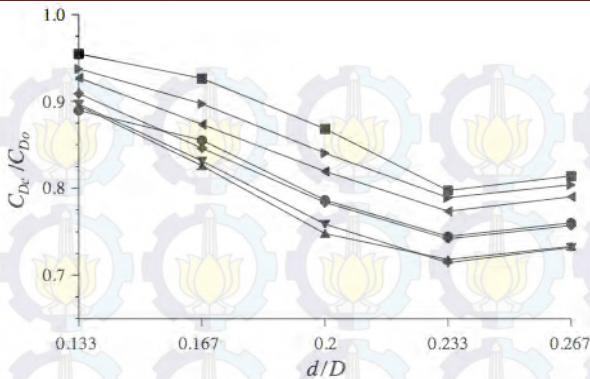
Gambar 2.4 menunjukkan hasil visualisasi aliran pada beberapa variasi jarak. Terlihat bahwa pada rasio jarak L/D 2,0 dan 2,08 tidak tampak adanya *periodic vortex shedding* dari aliran dibelakang silinder pengganggu. *Shear layer* yang terlepas dari silinder pengganggu *re-attach* pada sisi *upper* dan sisi *lower* silinder utama. Sedangkan untuk rasio jarak L/D 2,5 dan 3,0 terbentuk *vortex shedding* dibelakang silinder pengganggu dan mengenai sisi *upstream* silinder utama.

Dari gambar 2.5 dan gambar 2.6 terlihat bahwa koefisien *drag* terendah terjadi pada rasio jarak dan rasio diameter tertentu. Rasio jarak yang dapat secara optimum menurunkan koefisien *drag* pada L/D 2.



Gambar 2.5 Pengaruh variasi rasio jarak terhadap koefisien drag pada silinder sirkular ■ $d/D = 0.133$; ○ 0.167 ; ▲ 0.2 ; △, 0.233 ; ▶ 0.267 ; ◆ 0.25 (Tsutsui and Igarashi, 1995); □ 0.3 (Tsutsui and Igarashi, 1995).

[3]

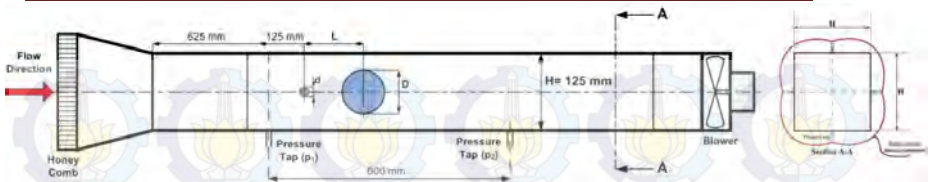


Gambar 2.6 Pengaruh variasi batang pengganggu terhadap koefisien drag pada silinder sirkular, L/D : ■ 1.5; ● 1.83; ▲ 2.0; ▽ 2.08; ◆ 2.33; ◀ 3.0; ▶ 4.0 [3]

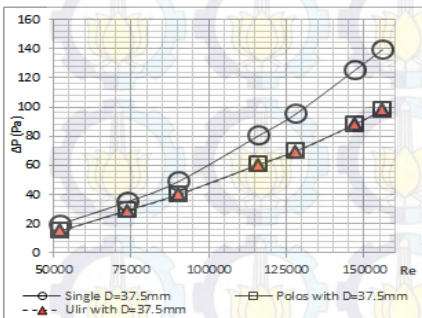
Besar diameter silinder pengganggu yang dapat menurunkan koefisien *drag* optimum yaitu pada rasio diameter d/D 0,233. Jika dilihat hubungan antara visualisasi aliran pada gambar 2.4 dan nilai koefisien drag pada gambar 2.5, terlihat bahwa pada L/D 2,0 dan 2,08 *wake* silinder pengganggu melingkupi silinder sirkular utama. Hal ini yang menyebabkan pada rasio jarak ini, nilai koefisien drag rendah. Sedangkan untuk L/D 2,5 dan 3,0, terbentuk *vortex shedding* sebelum silinder utama. Karakteristik aliran pada jarak tersebut mendekati aliran pada silinder tunggal sehingga nilai koefisien drag silinder utama mendekati nilai koefisien drag silinder tunggal.

2.2. Penelitian tentang Pengaruh Rasio d/D terhadap *Pressure Drop* pada Saluran

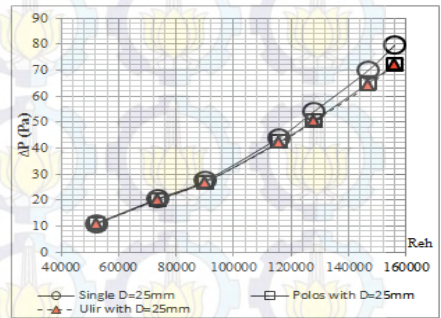
Penelitian mengenai analisa *pressure drop* pada saluran dilakukan oleh *Hariyanto* [2]. Penelitian ini menggunakan variasi diameter silinder pengganggu terhadap diameter silinder utama (d/D). Skema penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2.7.



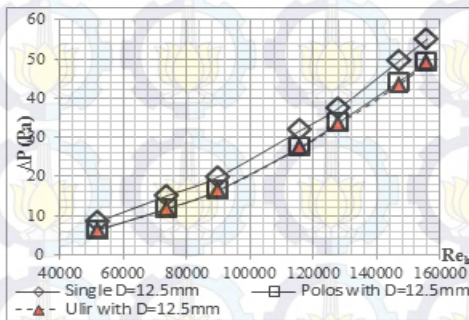
Gambar 2.7 Instalasi penelitian [2]



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.8 Hasil *Pressure Drop* terhadap bilangan *Reynolds*, (a) d/D 0,32 ; (b) d/D 0,16; (c) d/D 0,1 [2]

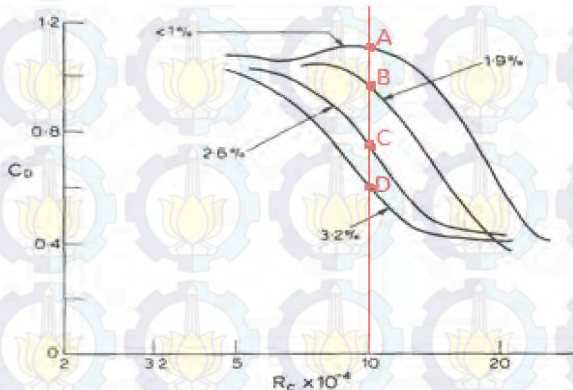
Diameter silinder pengganggu (d) yang digunakan yaitu 4 mm dengan menggunakan silinder berulir dan polos, sedangkan diameter silinder utama (D) bervariasi yaitu 12,5 mm; 25 mm; 37,5 mm. Jarak antara silinder pengganggu dan silinder utama



tetap yaitu dengan rasio L/D 2. Dimensi saluran angin yang digunakan yaitu 125 mm x 125 mm x 1800 mm. Nilai *pressure drop* diambil pada tujuh variasi bilangan *Reynolds* yaitu $5,21 \times 10^4$ - $1,56 \times 10^5$ Hasil *pressure drop* terhadap bilangan *Reynolds* dapat dilihat pada gambar 2.8. Gambar 2.8 (a), (b), dan (c) menunjukkan nilai *pressure drop* pada variasi d/D berurutan 0,32 ; 0,16 ; dan 0,1. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai *pressure drop* terkecil diperoleh pada variasi d/D 0,32.

2.3 Pengaruh Intensitas Turbulensi pada Sisi *Free Stream* Terhadap Reduksi Gaya *Drag* Silinder Sirkular

Bearman dan Morel [1] melakukan penelitian tentang pengaruh intensitas turbulensi terhadap nilai dari *coefficient of drag* (C_D) pada silinder sirkular yang diukur pada berbagai *Reynolds number*. Konfigurasi yang digunakan adalah sebuah silinder sirkular diuji pada *Reynolds number* 4×10^4 hingga 3×10^5 . Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar. 2.9 Pengaruh intensitas turbulensi terhadap *coefficient of drag* (C_D) pada silinder sirkular [1]

Dari gambar 2.9 dapat dilihat bahwa nilai C_D akan menurun seiring dengan meningkatnya intensitas turbulensi pada bilangan *Reynolds* yang sama. Pada bilangan *Reynolds* 1×10^5



posisi A dengan nilai intensitas turbulensi $< 1\%$ memiliki nilai $CD \pm 1,15$, kemudian posisi B dengan nilai intensitas turbulensi $1,9\%$ memiliki nilai $CD \pm 1,0$, pada posisi C dengan nilai intensitas turbulensi $2,6\%$ memiliki nilai $CD \pm 0,8$ dan pada posisi D dengan nilai intensitas turbulensi $3,2\%$ memiliki nilai $CD \pm 0,6$. Dari kondisi diatas dapat kita simpulkan korelasi antara intensitas turbulensi terhadap nilai CD , bahwa nilai CD akan menurun seiring dengan meningkatnya intensitas turbulensi pada bilangan *Reynolds* yang sama.

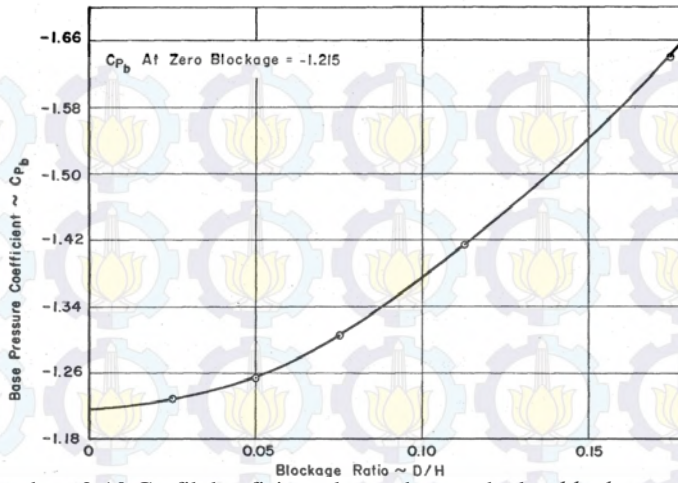
2.4 Penelitian tentang pengaruh dinding dan *blockage ratio* terhadap koefisien drag silinder

Weidman [5] melakukan penelitian mengenai pengaruh *blockage ratio* terhadap nilai koefisien drag. Diameter silinder (D) bervariasi dari 0.5 in-3.5 in dengan tinggi *test section* (H) tetap. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2.10. Dari tabel terlihat nilai koefisien drag makin tinggi seiring meningkatnya *blockage ratio*.

Tabel 2.1. Hasil penelitian Weidman [5]

Diameter $\sim D$ (inches)	Blockage Ratio $\sim D/H$	$(C_{Pb})_{ave}$	C_D
0.500	0.025	-1.155	1.210
1.00	0.050	-1.205	1.230
1.50	0.075	-1.235	1.260
2.25	0.1125	-1.340	1.320
3.50	0.175	-1.545	1.435

Gambar 2.10 menunjukkan semakin besar *blockage ratio*, nilai koefisien tekanan *base* rata-rata semakin meningkat. Hal ini menandakan tekanan di daerah *downstream* silinder sirkular semakin rendah sehingga koefisien *drag* semakin besar.



Gambar. 2.10 Grafik koefisien tekanan base terhadap *blockage ratio* [5]



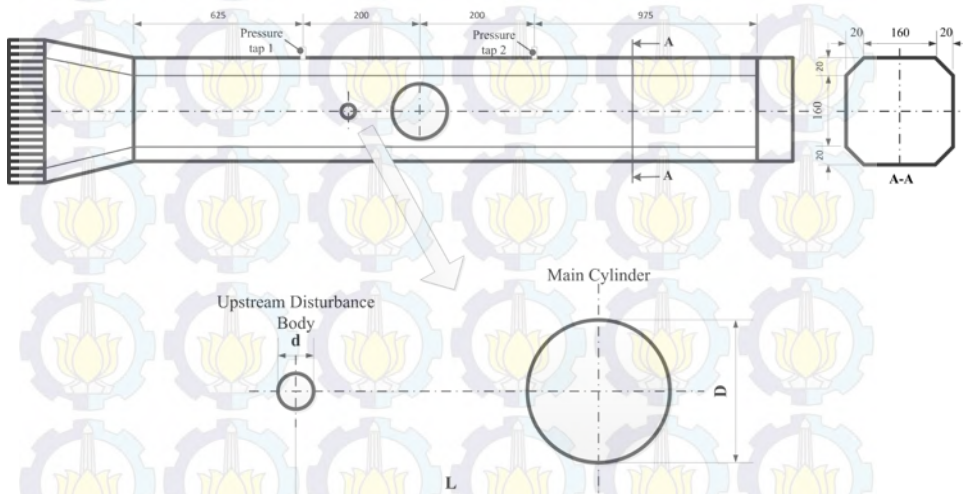


BAB 3 METODE PENELITIAN

Penelitian untuk memperoleh nilai koefisien *drag* dan *pressure drop* saluran dilakukan secara eksperimen. Berikut dijelaskan mengenai skema penelitian, peralatan yang digunakan, dan langkah-langkah pengambilan data.

3.1 Skema Penelitian

Skema Penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1. Dari gambar 3.1 ditunjukkan letak benda uji (silinder utama) yang disusun secara tandem terhadap *Upstream Disturbance Body (UDB)*. *Wall-pressure tap* diletakkan pada sisi *upstream* dan *downstream test section* untuk memperoleh selisih tekanan yang terjadi. *Wall-pressure tap* pada sisi *upstream* berjarak 200 mm dari sumbu silinder utama, sedangkan pada sisi *downstream* berjarak 200mm dari sumbu silinder utama.



Gambar 3.1 Instalasi penelitian



Jarak antar silinder divariasikan dari L/D 1,25-3,00 dengan interval 0,25. Bilangan *Reynolds* yang digunakan untuk memperoleh nilai *pressure drop* yaitu berturut-turut dari $7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$ berdasar diameter hidrolik Re_{Dh} . Sedangkan dalam pengambilan data distribusi tekanan digunakan bilangan *Reynolds* dimana terjadi nilai *pressure drop* tertinggi dan terendah.

3.2 Peralatan

3.2.1 Benda Uji

1. Silinder sirkular

Silinder utama yang digunakan ada satu buah. Berikut spesifikasi silinder sirkular :

- Diameter = 25 mm
- Panjang = 200 mm
- Pressure tap = 4 lubang
- Bahan = Pipa PVC



Gambar 3.2 Silinder Sirkular

2. Pengganggu

- Tipe = Polos
- Panjang = 200 mm
- Diameter = 4 mm dan 8 mm



Gambar 3.3 *Upstream Disturbance Body (UDB)* (a) 8 mm; (b) 4 mm

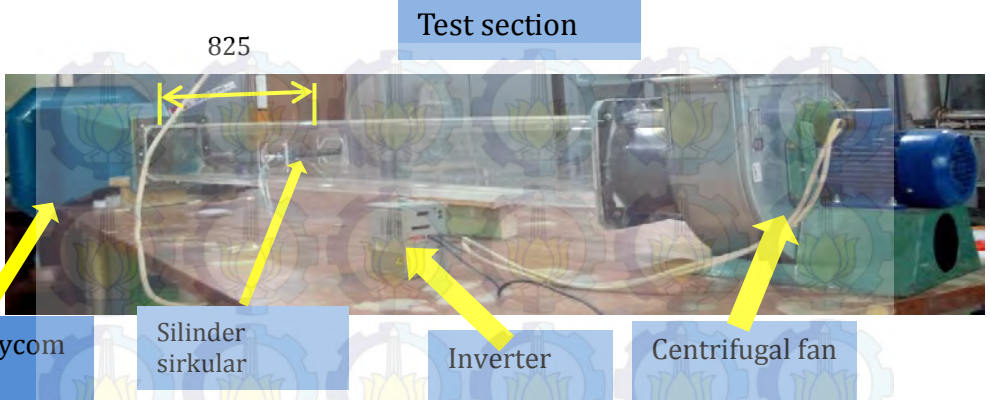
3.2.2 *Wind Tunnel* (Terowongan angin)

Percobaan dengan menggunakan *wind tunnel* ini dimaksudkan untuk dapat menguji benda dalam skala model. Hal ini disebabkan pengukuran sebenarnya yang cukup sulit dan membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Oleh sebab itu, dibuatlah *wind tunnel* dengan pembuatan kondisi-kondisi yang mendekati kenyataan, sehingga hasilnya pun cukup akurat dan memadai.

Wind tunnel yang digunakan dalam percobaan ini adalah *wind tunnel* jenis *open circuit wind tunnel*, dimana udara yang dialirkan dalam *wind tunnel* langsung keluar ke udara bebas setelah melalui *work section*. *Wind tunnel* ini bisa digolongkan sebagai *wind tunnel subsonic*.

Spesifikasi *Wind Tunnel* :

- ❖ Jenis *tunnel* : *subsonic, open circuit wind*
- ❖ Bentuk saluran uji : penampang oktagonal
- ❖ Panjang : 2000 mm
- ❖ Tinggi : 200 mm
- ❖ Lebar : 200 mm
- ❖ *Wall-pressure tap* : 1 pada masing-masing sisi



Gambar 3.4 Susunan *wind tunnel*

3.2.3 Alat Ukur

Untuk mendapatkan tekanan statis dan tekanan stagnasi, pada eksperimen ini menggunakan *wall-pressure tap*, *pitot static tube* dan *transducer* tekanan berikut data Akuisisi.

A. *Wall-pressure tap*

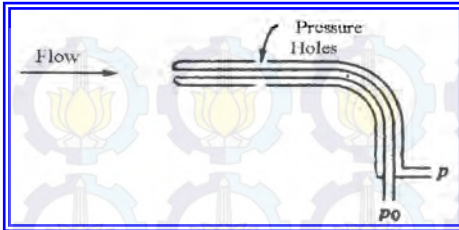
Wall-pressure tap yaitu lubang-lubang kecil berdiameter 1 mm yang terhubung pada manometer atau *transducer* tekanan serta dipasang sepanjang kontur permukaan benda uji maupun saluran *wind tunnel* yang searah aliran dan tegak lurus terhadap permukaan.

B. *Pitot Static Tube*

Alat ini berfungsi untuk mengukur besarnya tekanan statis sekaligus tekanan stagnasi aliran di antara dan di belakang benda uji (Gambar 3.5a).

C. *Transducer* Tekanan dan Data Akuisisi

Transducer tekanan dan data Akuisisi yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada gambar 3.5b



(a) Pitot static



(b) Data Akuisisi dan transducer

Gambar 3.5 Alat ukur yang digunakan

3.3 Validasi Tranduser Tekanan dan Data Aquisi

3.3.1. Alat yang digunakan

Peralatan yang dipergunakan pada proses validasi :

- Manometer
- Pressure Tranduser
- Data Akuisisi DAQ PRO 5300
- Pitot Static Tube

3.3.2 Langkah –langkah validasi:

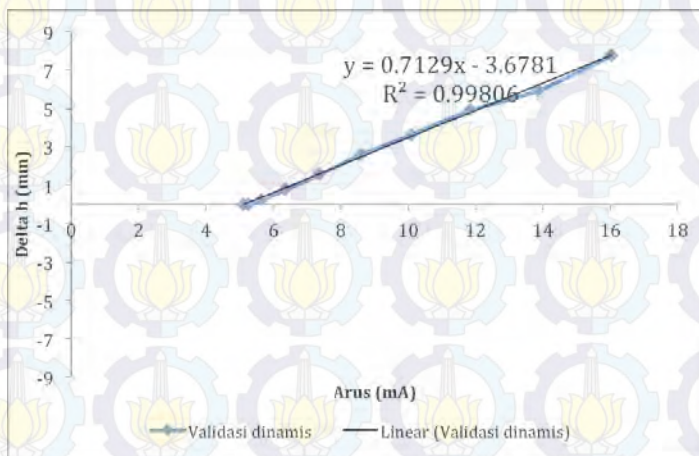
Ada beberapa langkah validasi yang perlu dilakukan sebelum pengambilan data, yaitu:

a. Validasi tekanan dinamik

1. Pemasangan instalasi untuk keadaan *free stream* tanpa benda uji
2. *Pitot static tube* dipasang tepat pada *centerline* saluran dan dihubungkan pada manometer serta transducer
3. Pengaturan inverter dari 0-50 Hz dengan interval 5 Hz
4. Diambil data manometer dan pressure transducer untuk tekanan dinamik
5. Dari manometer didapatkan Δh (mm) dan dari Data Akuisisi didapatkan arus (mA)



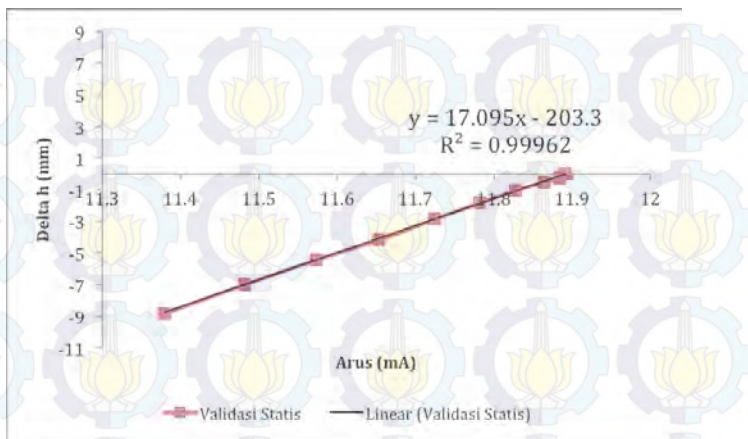
6. Data- data tersebut dibuatkan grafik Δh manometer vs arus (i) sehingga diketahui pula hubungannya dengan sebuah formula seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Grafik 3.6 Grafik validasi hubungan ketinggian manometer dengan arus tekanan dinamis

b. Validasi tekanan dinding

1. Pemasangan instalasi untuk keadaan *free stream* tanpa benda uji
2. *Wall-pressure tap* pada tiap sisi *test section* disatukan dan disambungkan pada manometer serta transducer. Data yang diperoleh merupakan tekanan rata-rata dari 4 sisi *test section*
3. Pengaturan inverter dari 0-50 Hz dengan interval 5 Hz
4. Diambil data manometer dan pressure transducer untuk tekanan statis dinding
5. Dari manometer didapatkan Δh (mm) dan dari Data Akuisisi didapatkan arus (mA)
6. Data-data tersebut dibuatkan grafik Δh manometer vs arus (i) sehingga diketahui pula hubungannya dengan sebuah formula seperti gambar 3.7.



Grafik 3.7 Grafik validasi hubungan ketinggian manometer dengan arus tekanan statis

3.4 Prosedur Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian ini melalui dua tahap yaitu :

3.4.1 Prosedur Pengambilan Data *Pressure Drop*

1. Penempatan peralatan dan benda uji yang digunakan untuk eksperimental.
2. Pengukuran kondisi udara di ruangan saat pengujian (temperatur, dan tekanan).
3. Pemasangan benda uji pada saluran, yaitu silinder sirkular dengan $D = 25\text{mm}$ disusun secara tandem terhadap *Upstream Disturbance Body (UDB)* dengan jarak L/D 1,25-3,00 dengan interval 0,25. Data awal dengan menggunakan *Upstream Disturbance Body (UDB)* $d = 4$ mm di letakkan di depan silinder utama. Kemudian data selanjutnya menggunakan *Upstream Disturbance Body (UDB)* $d = 8$ mm di letakkan di depan silinder utama.
4. Mengukur kesejajaran silinder dan dinding dengan *water pass*.



5. Meletakkan *pitot static tube* didepan susunan silinder.
6. Menghidupkan *wind tunnel* sehingga memperoleh tekanan dinamik. Dari tekanan dinamik, dihitung kecepatan *free stream* aliran.
7. Mengatur inverter sehingga diperoleh kecepatan *free stream* agar mencapai Re_{Dh} $7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$
8. Pengukuran tekanan yang terjadi pada *wall pressure tap inlet* dan *outlet* pada Re_{Dh} $7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$

3.4.2 Prosedur Pengambilan Data Koefisien Tekanan

Proses pengambilan data koefisien tekanan permukaan silinder utama dilakukan ketika telah diperoleh nilai *pressure drop* yang tertinggi dan terendah. Berikut langkah-langkah yang dilakukan :

1. Penempatan peralatan dan benda uji yang digunakan untuk eksperimental.
2. Pengukuran kondisi udara di ruangan saat pengujian (temperatur, dan tekanan).
3. Pemasangan benda uji pada saluran, yaitu silinder sirkular dengan $D = 25\text{mm}$ disusun secara tandem terhadap *Upstream Disturbance Body (UDB)* dengan susunan variasi L/D dan d/D sesuai dengan susunan dimana terjadi nilai efektifitas *pressure drop* terendah dan tertinggi.
4. Mengukur kesejajaran silinder dan dinding dengan *water pass*
5. Menghidupkan *wind tunnel* dan mengatur kecepatan *free stream* agar mencapai Re_{Dh} dimana terjadi nilai *pressure drop* tertinggi dan terendah.
6. Pengukuran tekanan pada *pressure tap* yang terdapat di permukaan silinder dengan memutar silinder dari sudut 0^0 hingga 360^0 dengan interval 5^0 .



3.5 Urutan Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.1. Ada 3 variabel yang diukur dengan kondisi dan susunan silinder serta bilangan *Reynolds* tercantum pada tabel.

Tabel 3.1 Urutan Langkah Penelitian

Variabel yang diukur	Kondisi	L/D	d/D	Re
1. ΔP (P inlet & P outlet)	saluran kosong			$7,37 \times 10^4$; $8,04 \times 10^4$; $9,38 \times 10^4$; $1,07 \times 10^5$; $1,2 \times 10^5$
	saluran dengan silinder + <i>Upstream Disturbance Body (UDB)</i>	1,25-3,00	0,16 & 0,32	
2. Distribusi Tekanan (C_p) dan (C_{DP})	Silinder + <i>Upstream Disturbance Body (UDB)</i>	1,25	0,16 & 0,32	$1,07 \times 10^5$
		1,75	0,16	$7,37 \times 10^4$
		2,0	0,32	$7,37 \times 10^4$
3. Profil Kecepatan	Silinder + <i>Upstream Disturbance Body (UDB)</i>	1,25	0,16 & 0,32	$1,07 \times 10^5$
		1,75	0,16	$7,37 \times 10^4$
		2,0	0,32	$7,37 \times 10^4$

3.6 Hasil Percobaan :

a. Data hasil pengukuran :

1. Perbedaan tekanan pada saluran sisi inlet dan outlet dari benda uji
2. Distribusi tekanan pada tiap silinder



b. Data hasil perhitungan :

1. Koefisien distribusi tekanan (C_p) pada permukaan silinder utama diperoleh melalui persamaan berikut:

$$C_p = \frac{p_K - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} \dots \dots \dots 3.4$$

2. Koefisien *drag* (C_{Dp}) susunan silinder utama dengan persamaan berikut:

$$C_{Dp} = \frac{1}{2} \int_a^b C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana :

$C_p(\theta)$ = koefisien tekanan kontur pada posisi θ

θ = sudut posisi masing – masing *pressure tap* pada kontur

Integrasi yang digunakan untuk mendapatkan koefisien *pressure drag* adalah integrasi numerik metode Simpson 1/3. Persamaan umumnya adalah sebagai berikut :

$$\frac{1}{2} \int_a^b y(x) dx = \frac{b-a}{2 \times 3n} \{y_0 + 2(y_2 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + \dots + y_{n-1}) + y_n\} \quad (3.6)$$

Sehingga,

$$C_{Dp} = \frac{b-a}{2 \times 3n} \{y_0 + 2(y_2 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + \dots + y_{n-1}) + y_n\} \quad (3.7)$$

dimana :

a = sudut awal = 0

b = sudut akhir = 2π

n = 72

y_0 = data pertama

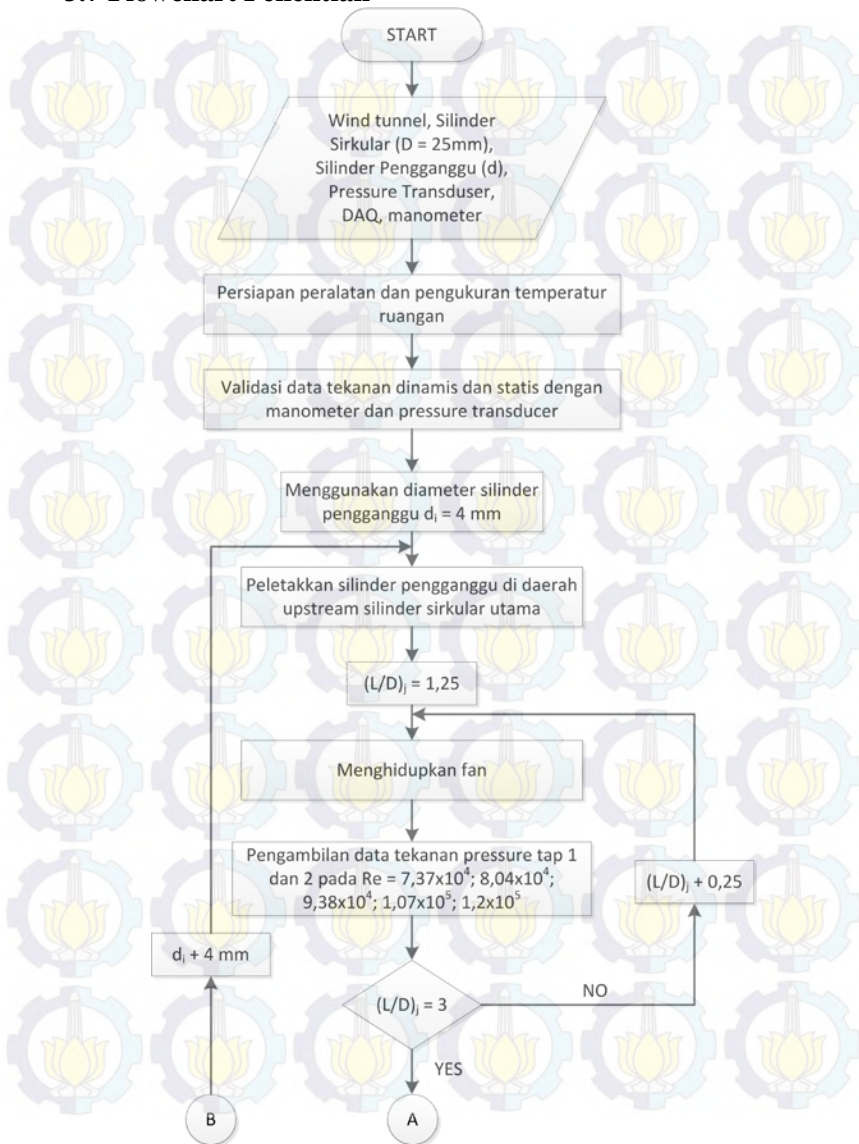
$2(y_2 + \dots + y_{n-2})$ = jumlah data genap

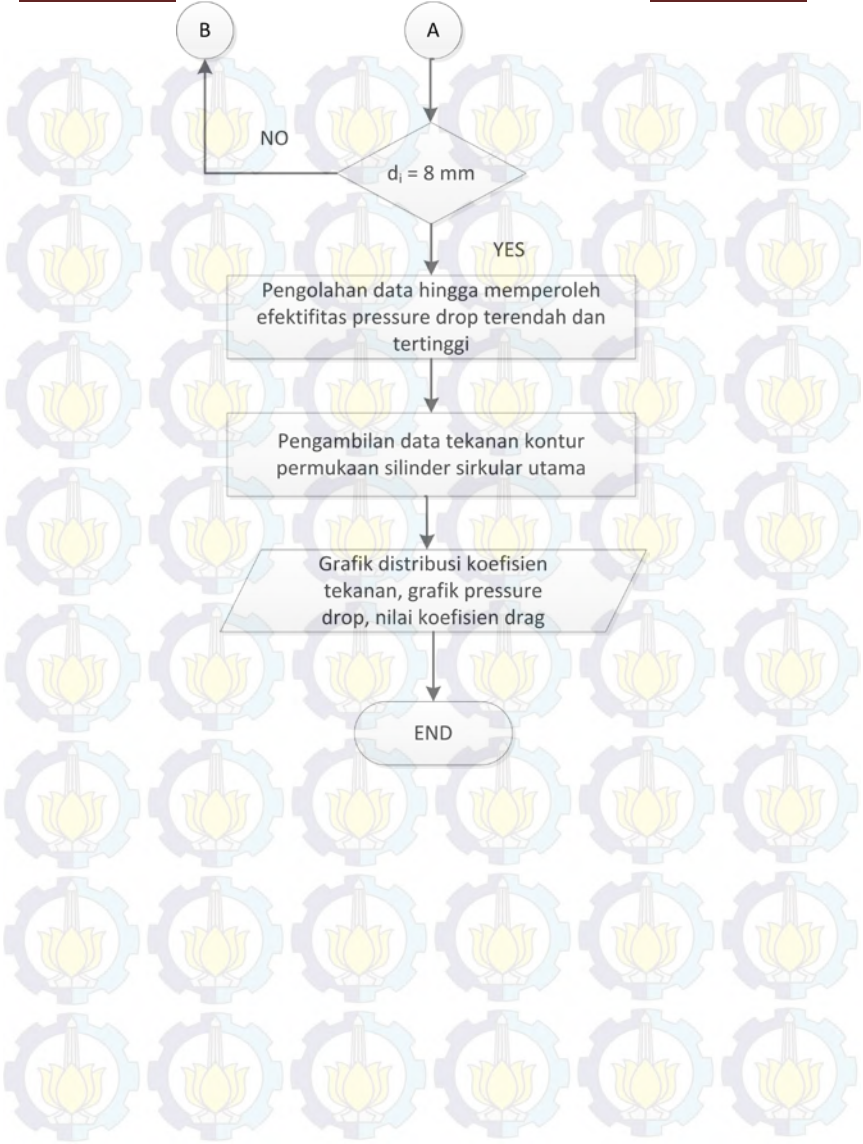
$4(y_1 + \dots + y_{n-1})$ = jumlah data ganjil

y_n = data terakhir



3.7 Flowchart Penelitian







BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi diameter pengganggu dan jarak *UDB* terhadap silinder utama yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan *UDB* tidak dapat menurunkan nilai *pressure drop* saluran silinder tunggal.
2. Nilai *pressure drop* tertinggi terjadi pada susunan *L/D* 2 dengan variasi pengganggu *d/D* 0,32 pada setiap bilangan *Reynolds*. Peningkatan *pressure drop* pada susunan ini terhadap silinder tunggal yaitu berkisar 4 sampai 5 kali.
3. Nilai *pressure drop* terendah terjadi pada susunan *L/D* 1,25 dengan variasi pengganggu *d/D* 0,32 pada setiap bilangan *Reynolds*. Peningkatan *pressure drop* pada susunan ini terhadap silinder tunggal cukup rendah yaitu berkisar 1,2 kali.
4. Pada bilangan *Reynolds* $1,07 \times 10^5$ dan *L/D* 1,25, penambahan pengganggu *d/D* 0,32 dapat menurunkan koefisien drag sebesar 42%.
5. Penurunan koefisien drag tekanan sebesar 47% terjadi pada susunan dengan penambahan *UDB* *L/D* 2,0 dan *d/D* 0,32 pada bilangan *Reynolds* $7,37 \times 10^4$.
6. Susunan yang terbaik pada penelitian ini yaitu susunan dengan pengganggu *d/D* 0,32 pada bilangan *Reynolds* $1,07 \times 10^5$ dan jarak *L/D* 1,25 dimana nilai koefisien drag silinder utama turun 42%, dan peningkatan *pressure drop* tidak terlalu signifikan yaitu hanya sebesar 1-1,2 kali *pressure drop* silinder tunggal.

5.2 Saran



Penelitian ini perlu untuk dilakukan variasi yang lain untuk mengetahui faktor yang dapat mempengaruhi *pressure drop* saluran dan nilai koefisien drag tekanan. Untuk penelitian selanjutnya perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Sebaiknya menggunakan alat ukur yang memiliki tingkat ketelitian yang tinggi
2. Kondisi udara sekitar saat pengambilan data harus dijaga agar tidak terjadi perbedaan yang terlalu jauh

DAFTAR SIMBOL DAN SATUAN

A	luas tekan (m^2)
C_{Dp}	koefisien <i>pressure drag</i>
C_p	koefisien tekanan
d	diameter <i>upstream disturbance body</i> (m)
D	diameter silinder utama (m)
g	percepatan gravitasi (m/s^2)
H	tinggi <i>test section wind tunnel</i> (m)
i	arus (mA)
L	jarak antar silinder utama terhadap <i>upstream disturbance body</i> (m)
p	tekanan statis aliran fluida (N/m^2)
p_o	tekanan stagnasi (N/m^2)
p_k	tekanan statis kontur (N/m^2)
p_∞	tekanan statis <i>freestream</i> (N/m^2)
Re	bilangan Reynolds
U_∞	kecepatan <i>freestream</i> (m/s)
U_{max}	kecepatan lokal maksimum (m/s)
UDB	<i>Upstream Disturbance Body</i>
y	jarak pitot static tube terhadap dinding bawah <i>wind tunnel</i> (m)
θ	sudut kontur silinder (deg)
ΔP	perbedaan tekanan <i>inlet</i> dengan tekanan <i>outlet</i> (Pa)
Δh	selisih pembacaan manometer (m)
μ	viskositas udara ($N.s/m^2$)
ρ	massa jenis udara (kg/m^3)



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bearman, P.W., and Morel, T. 1983. *Effect of Free Stream Turbulence on the Flow around Bluff Bodies*. Prog. Aerospace 20, 97-123.
- [2] Hariyanto, Pratista .2011. *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Disturbance Body terhadap Karakteristik Aliran yang Melintasi Sebuah Silinder Sirkular yang Tersusun secara Tandem dalam Saluran Sempit Berpenampang Bujur Sangkar*. ITS.
- [3] Lee, Sang-Joon., Sang-Ik Lee, Cheol-Woo Park. 2004. *Reducing the drag on a circular cylinder by upstream installation of a small control rod*. Fluid Dynamics Research 34, 233-250.
- [4] Tsutsui, T., T. Igarashi. 2002. *Drag reduction of a circular cylinder in an air-stream*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 90, 527-541.
- [5] Weidman, P.D. 1968. Tesis: *Wake Transition and Blockage Effect on Cylinder base Pressure*. California Institute of Technology, Pasadena.

BIODATA PENULIS



Saiful Ma'arif lahir pada tanggal 15 Januari 1988 di Surabaya, Jawa Timur. Penulis menempuh pendidikan dari taman kanak-kanak di TK. Sikatan Surabaya, tingkat dasar di SDN Sawunggaling 08 Surabaya, SMPN 4 Surabaya, dan STM Sultan Agung, Tebu Ireng, Jombang. Selama menempuh pendidikan di STM, penulis juga mendalami Islam di salah satu pondok Tebu Ireng.

Penulis ingin mengubah pandangan orang mengenai “lulusan STM langsung bekerja”, sehingga penulis memutuskan untuk meneruskan jenjang pendidikan lebih tinggi di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SPMB. Semasa kuliah, penulis menjadi anggota Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin (LBMM) dan menjadi salah satu mekanik yang mengikuti pelatihan mekanik di AUTO2000.