



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA KELUAR *ORIFICE*  
*TEXTILE DUCTING* UJUNG TERTUTUP DITINJAU  
DARI KECEPATAN ALIRAN DAN TEKANAN**

**SKRIPSI**

**PANJI ARUM BISMANTOKO**

**0606073410**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JANUARI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**PANJI ARUM BISMANTOKO**

**0606073410**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**DEPOK**

**JANUARI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Kami menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

### **KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA KELUAR *ORIFICE* *TEXTILE DUCTING* UJUNG TERTUTUP DITINJAU DARI KECEPATAN ALIRAN DAN TEKANAN**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya. Skripsi ini dibuat bersama dengan saudara Rizki Ananda Putra sehingga ada beberapa hal kemiripan dalam penulisan.

Nama : Panji Arum Bismantoko

NPM : 0606073410

Tanda Tangan :

Tanggal : Januari 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Panji Arum Bismantoko  
NPM : 0606073410  
Program studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Karakteristik Aliran Udara Keluar *Orifice*  
*Textile ducting* Ujung Tertutup Ditinjau dari  
Kecepatan Aliran dan Tekanan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Rusdy Malin, M.Eng.,

Pembimbing : Dr.Ir. Warjito, M.Eng.

Penguji : Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng.

Penguji : Dr.Ir. Engkos A. Kosasih, MT.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Januari 2011

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Ta'ala , karena atas berkat dan karunia dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Rusdy Malin ,M.Sc. dan Dr. Ir. Warjito, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini. ‘Terima kasih Pak untuk ilmu yang tak ternilai harganya.’
2. Semua dosen, staf pengajar dan karyawan DTM - FTUI yang secara langsung atau tidak langsung memberikan pelajaran, wawasan dan informasi serta telah menjadi sosok idola baru bagi penulis. Salut atas kesediaannya mengabdikan untuk ilmu pengetahuan demi kemajuan bangsa.
3. Mas Syarif dan Mas Udiyono yang memberikan bantuan hingga selesai skripsi ini. Untuk Mas Syarif ‘mohon maaf sekali mas atas kesalahan saya yang saya lakukan dan membuat repot Mas Syarif’.
4. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin dan Perkapalan 2006, yang membantu dengan dukungan tenaga, waktu dan semangat. yang tidak dapat disebutkan satu persatu, Terimakasih sahabat, untuk 4 tahun atau lebih semua tawa yang kita bagi bersama. Insya Alloh persahabatan ini akan terus berjalan walau kita sudah mempunyai jalan masing-masing.
5. Teman-teman eks departemen Pendidikan dan Keilmuan BEM UI yang kita masih selalu membagi tawa dan duka bersama walau sudah berpisah dari kelembagaan BEM UI.

6. Alumni SMA 73 yang berada di UI walau jumlah kita sedikit tapi sangat erat ikatan kita yaitu Wahyu , Hendra, Winda, Dwintha dan andin.
7. Teman-teman yang pernah satu lembaga ataupun kepanitiaan yang mana penulis telah mendapatkan pengalaman berharga mengikuti lembaga ataupun kepanitiaan tersebut bersama kalian yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.
8. Teman satu topik Skripsi , Rizki Ananda Putra, yang sudah berjuang bersama menuntaskan skripsi ini walaupun penuh masalah yang kita hadapi.
9. Teman-teman lantai 3 dan lantai 2 yang sering menemani penulis bermalam di Lab dikala penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman residual di atas 4 tahun Hery, Faruk, Hamdani, Iyos, Debang, Arya, bago, Danu, Syaiful, Aldoy, Andry, Rendi, Sriyanto, Hadi, Tegar, Ricky, Pras, Singgih, Tito, Vincent, Indra, Peday, Bayu, Iqbal 'eek', Rezha, Anggar, Ceper, Redenk, Iyan, Rei, Panda, Sule, Farhan, Boim, Aan, Kemal, Fuad, Dhiki, Syaifin, Anto, Hendra, Januar, Raja R, Dipta, Feri, Arga dan Septian yang menjadi teman berbagai tawa dan susah dalam perjalanan kuliah di semester ke 9.
11. Teman-teman kelompok kecil 'adventure' yang sering mengadakan perjalanan bersama yaitu Danu, Syaiful, Ricky, Hendar, Singgih, Hery, Hamdani, Iyos dan Debang. Ataupun teman 'adventure' yang sudah lulus yaitu Shoim, Jaja, Arkom dan Bikun. "kapan kita menyusuri keindahan Indonesia lainnya?"

Ucapan Terima Kasih yang sangat khusus kepada Mbah Sami yang merupakan Mbah Putri dari penulis yang telah dipanggil oleh Allah Ta'ala 2 Hari sebelum sidang skripsi. Penulis do'akan agar arwah beliau diterima oleh Rabb Ta'ala dan dimudahkan semua perjalanan akhirat beliau. " Mohon maaf Mbah, Panji tidak dapat berada di Semarang untuk menemani saat-saat terakhir Mbah karena harus sidang Skripsi. Dan, Mohon Maaf sekali Mbah , Panji belum dapat memberikan bakti terbaik sebagai cucu walau hanya dengan gelar Sarjana Teknik yang akan Panji dapatkan dan Mbah belum sempat menyaksikannya. Terima

Kasih atas semua pelajaran kehidupan yang Mbah berikan kepada Panji Insya Allah akan sangat berguna kedepannya nanti”.

Ucapan Terima Kasih yang sangat khusus pula ditujukan kepada kedua Orang Tua Penulis. Sutarman dan Nursaniah yang telah memberikan semua hal yang menjadikan penulis menjadi seperti saat ini. “Jasa Bapak dan Mama tidak terhingga, Panji anak mu ini tidak dapat membalasnya. Terima Kasih Bapak dan Mama atas do’a, cintadan kasih sayang hingga Panji terpacu menyelesaikan ini semua”.

Semoga Allah Ta’ala yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, banyak terdapat kekurangan, kiranya dapat menjadi bahan pembelajaran dimasa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan demi kemajuan bangsa Indonesia Aamiin.

Depok, Januari 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Panji Arum Bismantoko  
NPM : 0606073410  
Program studi : Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA KELUAR  
ORIFICE TEXTILE DUCTING UJUNG  
TERTUTUP DITINJAU DARI KECEPATAN  
ALIRAN DAN TEKANAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Januari 2011  
Yang menyatakan :

Panji Arum Bismantoko



## Abstrak

Nama : Panji Arum Bismantoko

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Karakteristik Aliran Udara Keluar *Orifice Textile ducting*  
Ujung Tertutup Ditinjau dari Kecepatan Aliran dan Tekanan

Penelitian fenomena yang terjadi pada *textile ducting* berbahan taslan telah dilakukan sebagai bentuk upaya pencarian bahan alternatif pengganti material *ducting* konvensional. Penelitian lanjutan diperlukan untuk lebih mendalami fenomena yang terjadi pada *textile ducting* berbahan taslan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pola udara keluar dari lubang *orifice* dari *textile ducting* ujung tertutup dengan beberapa variasi kecepatan yang berbeda. Variasi kecepatan yang dilakukan akan mendapatkan suatu validitas data yang lebih baik. Tujuan berikutnya adalah untuk mengetahui karakteristik *pressure drop* sepanjang *textile ducting*. Pengukuran dari profil kecepatan pada *orifice* dilakukan dengan metode pengukuran tekanan dari aliran udara keluar *orifice* menggunakan *Pitot tube* Transverse Apparatus, *pitot tube*, dan *Pressure transmitter*. Hasil yang didapat menunjukkan adanya perubahan arah semburan menjadi lebih radial mulai dari *orifice* 16 hingga *orifice* 32.

Kata kunci : *textile ducting*, *orifice*, *pitot tube* transverse apparatus, tekanan dinamik, *pressure transmitter*

## Abstract

Name : Panji Arum Bismantoko  
Study Program : Teknik Mesin  
Title : Characteristic of air flow out at orifice textile ducting end-cap based on flow velocity and pressure.

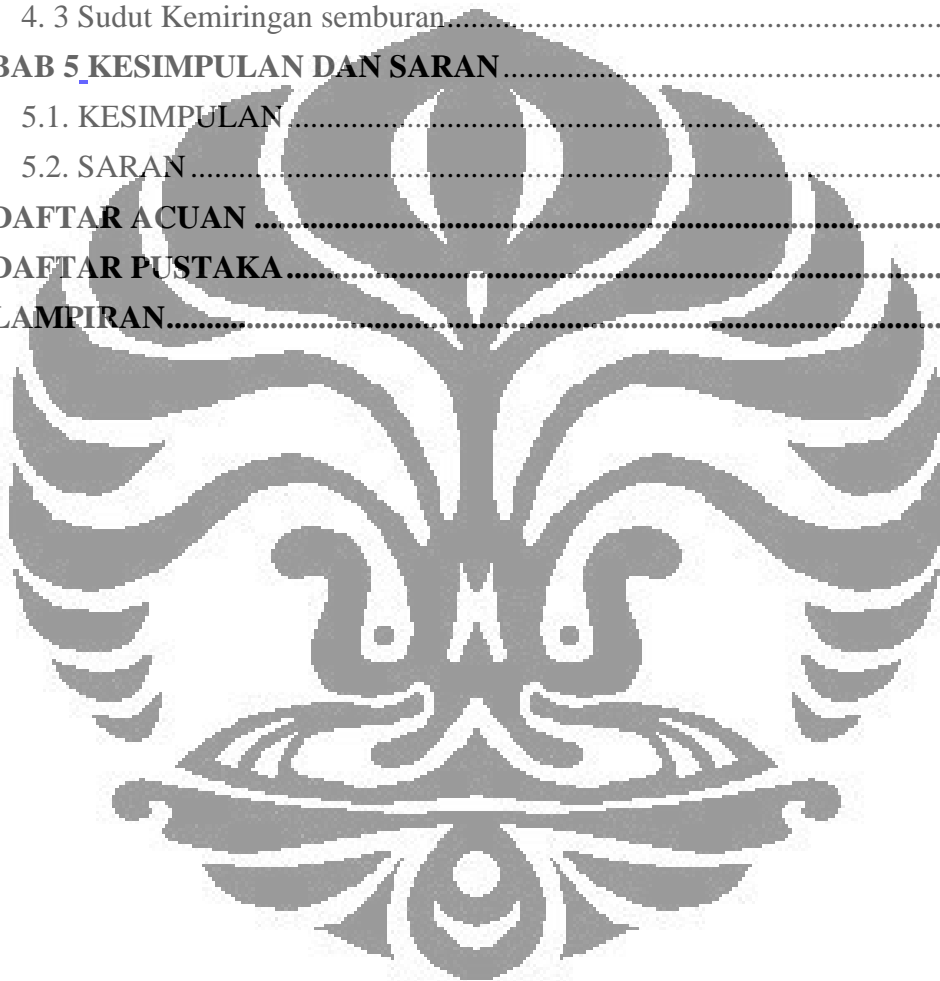
A research of phenomena in taslan textile ducting has been done to looking for the alternative conventional material of ducting. Advanced research needs in order to explore more the phenomena which happen at textile ducting with material taslan. The objective of this research is to find out the characteristic of air flow at outlet orifice textile ducting end cap with variety of velocity. Variety of velocity which done have purpose to get better data validity. Next objective of this research is to find out characteristic of pressure drop along textile ducting. Measurement methods of this research used Pitot tube transverse apparatus, Pitot tube, and pressure transmitter. Data collection of profil velocity at orifice was performed by measuring the dynamic pressure from orifice air flow using Pitot tube, Pitot tube transverse apparatus and pressure transmitter. The result shows there is a change of outburst direction of air flow at orifice which becomes more radial from orifice 16 to orifice 32.

Key words : textile ducting, orifice, Pitot tube Transverse Apparatus, pressure dynamic, pressure transmitter

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Metodologi Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. <i>TEXTILE DUCTING</i> .....	4
2.1.1. Sistem <i>textile ducting</i> .....	5
2.1.1.1 Jenis atau bentuk <i>ducting</i> .....	6
2.1.1.2. Desain layout.....	6
2.1.1.5. Sistem suspensi.....	13
2.2. <i>DESAIN DUCTING</i> .....	14
2.2.1 <i>Losses</i> tekanan statik.....	14
2.2.2 Friction Factor.....	15
2.3. KONSEP TEKANAN.....	17
2.3.1. Manometri.....	18
2.3.2. Tekanan statik, stagnasi, dinamik dan total.....	19
2.3.3. Jet bebas.....	22
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	23
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2. Peralatan uji.....	24
3.2.1 <i>Textile ducting</i> .....	24

3.2.2 Desain <i>textile ducting</i> .....	27
3.3. <i>Pitot tube</i> Transverse Apparatus .....	31
3.4. Metode pengambilan data .....	33
3.4.1 Pengukuran Tekanan Statik .....	33
3.4.2. Pengukuran tekanan dinamik .....	34
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>38</b>
4.1. <i>Pressure drop</i> pada <i>textile ducting</i> .....	38
4.2. Profil kecepatan udara keluar lubang <i>orifice</i> .....	39
4.3 Sudut Kemiringan semburan.....	54
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>55</b>
5.1. KESIMPULAN .....	55
5.2. SARAN .....	55
<b>DAFTAR ACUAN</b> .....	<b>56</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>58</b>



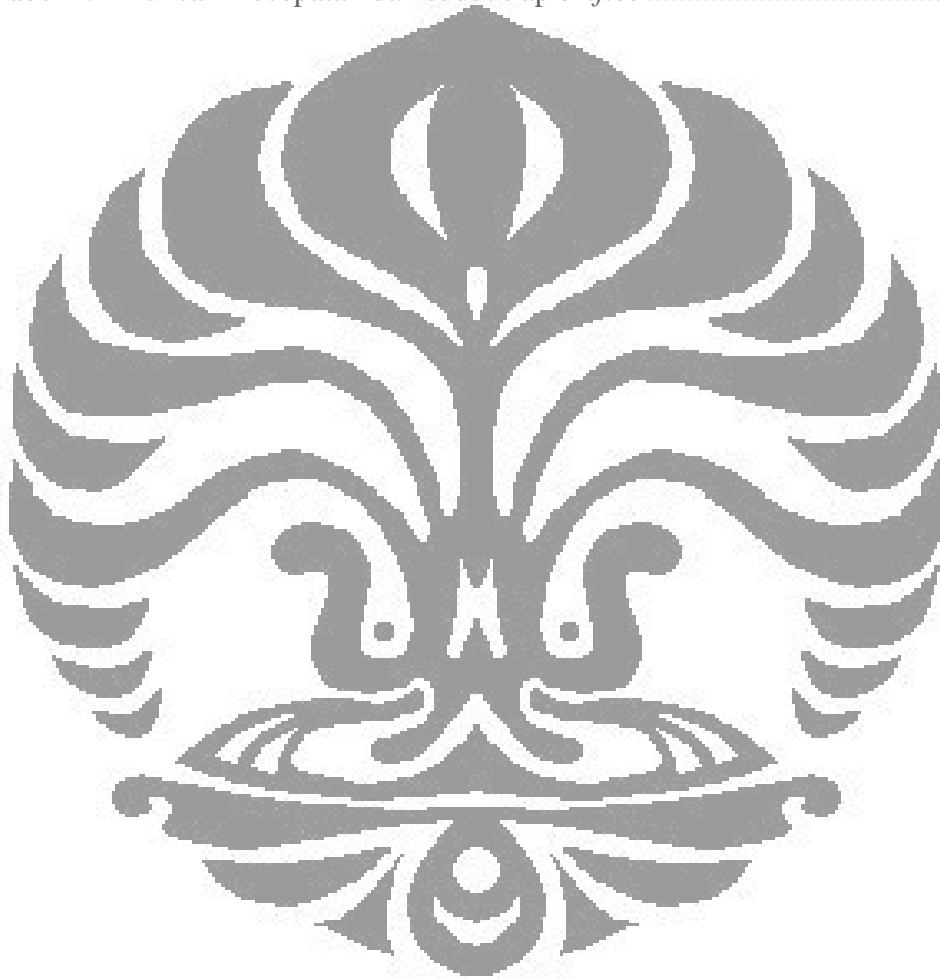
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penggunaan <i>textile ducting</i> pada Loughborough University .....	5
Gambar 2. 2 <i>textile ducting</i> jenis silinder .....	6
Gambar 2. 3 <i>Textile ducting surface mount</i> .....	6
Gambar 2. 4 Desain <i>layout textile ducting</i> .....	7
Gambar 2. 5 Konfigurasi <i>inlet ducting</i> (bagian akhir atau puncak).....	9
Gambar 2. 6 . Model <i>comfort-flow</i> .....	10
Gambar 2. 7 Model <i>high-throw</i> .....	10
Gambar 2. 9 Penentuan arah orientasi outlet udara keluar <i>orifice</i> .....	11
Gambar 2. 8 Model <i>low-throw</i> .....	11
Gambar 2. 10 Sistem suspensi <i>tension cable</i> .....	13
Gambar 2. 11 Sistem suspensi 3 x 1 <i>suspension</i> .....	13
Gambar 2. 12 Grafik <i>friction loss</i> terhadap kuantitas udara (cfm) .....	15
Gambar 2. 13 Representasi pengukuran tekanan dan tekanan absolute .....	17
Gambar 2. 14 Manometer U .....	18
Gambar 2. 15 Skema manometer miring .....	19
Gambar 2. 16 Tabung pitot statik.....	20
Gambar 2. 17 Aliran vertikal dari sebuah tangki .....	22
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian .....	23
Gambar 3. 2 Desain rancangan <i>textile ducting</i> .....	24
Gambar 3. 3. <i>Evaporator</i> .....	25
Gambar 3. 4 Skema pemasangan <i>drift eliminator</i> .....	25
Gambar 3. 5 <i>Straightener</i> pada <i>apparatus</i> .....	26
Gambar 3. 6 Rangka <i>duct</i> .....	26
Gambar 3. 7 Penentuan orientasi outlet .....	30
Gambar 3. 8 <i>Pitot tube Transverse Apparatus</i> .....	31
Gambar 3. 9 Pergerakan sumbu- x.....	31
Gambar 3. 10 Pergerakan sumbu- y.....	32
Gambar 3. 11 Pergerakan sumbu- z .....	32
Gambar 3. 12 Pengatur sudut kemiringan.....	33
Gambar 3. 13 <i>Nipple</i> yang terpasang pada dinding <i>textile ducting</i> .....	34
Gambar 3. 14 <i>Manifold</i> untuk membantu pengukuran tekanan statik .....	34
Gambar 3. 15 <i>Pitot tube</i> .....	36
Gambar 3. 16 <i>pressure transmitter</i> .....	37
Gambar 4. 1 Variasi tekanan sepanjang <i>textile ducting</i> .....	38
Gambar 4. 2 Ilustrasi <i>orifice</i> yang diukur .....	39
Gambar 4. 3 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 3 arah jam 4.....	39
Gambar 4. 4 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 3 arah jam 8.....	40
Gambar 4. 5 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 9 arah jam 4.....	40
Gambar 4. 6 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 9 arah jam 8.....	41

Gambar 4. 7 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 16 arah jam 4.....	41
Gambar 4. 8 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 16 arah jam 8.....	42
Gambar 4. 9 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 23 arah jam 4.....	42
Gambar 4. 10 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 23 arah jam 8.....	43
Gambar 4. 11 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 30 arah jam 4.....	43
Gambar 4. 12 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada <i>orifice</i> 30 arah jam 8.....	44
Gambar 4. 13 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z = 0$ mm arah jam 4.....	45
Gambar 4. 14 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=0$ mm arah jam 8.....	46
Gambar 4. 15 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=10$ mm arah jam 4.....	46
Gambar 4. 16 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=10$ mm arah jam 4.....	47
Gambar 4. 17 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z= 20$ mm arah jam 4.....	47
Gambar 4. 18 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z= 20$ mm arah jam 4.....	48
Gambar 4. 19 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=30$ mm arah jam 4.....	48
Gambar 4. 20 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=30$ mm arah jam 8.....	49
Gambar 4. 21 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=40$ mm arah jam 4.....	49
Gambar 4. 22 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=40$ mm arah jam 8.....	50
Gambar 4. 23 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=50$ mm arah jam 4.....	50
Gambar 4. 24 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=50$ mm arah jam 8.....	51
Gambar 4. 25 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=60$ mm arah jam 4.....	51
Gambar 4. 26 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=60$ mm arah jam 8.....	52
Gambar 4. 27 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=70$ mm arah jam 4.....	52
Gambar 4. 28 Grafik profil kecepatan udara keluar <i>textile ducting</i> pada $z=70$ mm arah jam 8.....	53
Gambar 4. 29 Sudut aliran udara keluar <i>orifice</i> pada 2200 rpm.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penentuan kecepatan inlet <i>textile ducting</i> jenis silinder .....	8
Tabel 2. 2 Pemilihan diameter inlet untuk top inlet dan end inlet .....	9
Tabel 2. 3 Penentuan jumlah <i>airflow</i> per <i>orifice</i> (cfm/ea) .....	12
Tabel 3. 1 Penentuan diameter dari hasil perhitungan .....	27
Tabel 3. 2 Perhitungan tekanan di dalam <i>textile ducting</i> .....	29
Tabel 3. 3 Perhitungan desain <i>orifice textile ducting</i> .....	29
Tabel 3. 4 Nilai $\alpha_0$ dan $\varepsilon_0$ .....	35
Tabel 4. 1 Puncak Kecepatan dan sudut tiap <i>orifice</i> .....	54
Tabel 4. 2 Puncak Kecepatan dan sudut tiap <i>orifice</i> .....	54



## DAFTAR NOTASI

Daftar Notasi	Satuan
<i>AP : Average Pressure</i>	(Pa)
<i>ISP 1 : Inlet Statik Pressure</i>	(Pa)
<i>VP : Velocity Pressure</i>	(Pa)
<i>FL : Frictional Pressure Loss</i>	(Pa)
<i>TP : Total Pressure</i>	(Pa)
<i><math>\Delta P</math> : Differential Pressure</i>	(Pa)
<i>f : Friction Coefficient</i>	(none)
<i>l : Length</i>	(m)
<i>d : Diameter</i>	(m)
<i>V : Air velocity</i>	(m/s)
<i><math>\gamma</math> : Berat jenis</i>	(N/m <sup>3</sup> )
<i>h : Head ketinggian</i>	(m)
<i>P : Pressure</i>	(Pa)
<i><math>\rho</math> : Density</i>	(kg/m <sup>3</sup> )
<i>Q : Flowrate</i>	(m <sup>3</sup> /min)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia dalam kehidupan sehari-harinya dipastikan menginginkan kenyamanan pada lingkungan yang ditempatinya. Kenyamanan lingkungan menjadi penunjang manusia memperlancar aktifitasnya, salah satu faktor terpentingnya adalah udara. Pengaturan udara pada lingkungan manusia dapat dilakukan untuk mendapatkan kenyamanan lingkungan. Lingkungan yang terbuka kondisi udaranya dipengaruhi langsung oleh alam sehingga tidak dapat dilakukan pengaturan. Pada ruangan tertutup yang tidak terpengaruh alam secara langsung pengaturan kondisi udara dapat dilakukan. Sistem pendinginan adalah salah satu bentuk pengaturan kondisi udara dalam ruangan.

Teknik pendinginan mempunyai dua macam sistem yaitu sistem langsung seperti AC ( *Air Conditioner* ) dan tidak langsung seperti *chiller* yang mendistribusikan udara dinginnya menggunakan saluran udara ( *ducting* ). Untuk pendinginan menggunakan *ducting* telah mengalami perkembangan teknologi pada material yang digunakan. Saat ini *textile* digunakan sebagai pengganti material *metal* pada *ducting* konvensional. Penggunaan material *textile* untuk *ducting* memiliki beberapa keunggulan dibanding pemakaian material *metal*. Keunggulan material *textile* antara lain adalah apabila lebih mudah diinstalasi dan murah sehingga dapat menekan biaya instalasi. Keunggulan lainnya yaitu adanya variasi warna yang digunakan material *textile* pada *ducting* dapat menambah estetika ruangan. Pemeliharaan *textile ducting* pun dapat dilakukan dengan sangat mudah.

Pemakaian bahan *textile* sebagai material pada *ducting* harus memperhatikan permeabilitas dari bahan tersebut. Dikarenakan penggunaannya ada yang langsung melalui pori-pori kain *ducting* tersebut dan yang menggunakan nozzle berupa *orifice* untuk aliran keluar udara. Penggunaan *textile ducting* yang menggunakan nozzle atau *orifice* dalam distribusi udara keluarannya harus memperhatikan permeabilitas dari bahan yang digunakan. Hal ini bertujuan, agar bahan yang digunakan adalah yang non permeabel untuk menghindari terjadinya

distribusi udara keluar dari *textile ducting* melalui pori-pori tersebut yang dapat mempengaruhi tekanan dan kecepatan didalam *ducting* tersebut.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik pola aliran udara keluar *orifice textile ducting* dengan ujung tertutup. Hal yang akan diteliti berupa :

- a. *pressure drop* yang terjadi sepanjang *textile ducting* ujung tertutup
- b. Profil kecepatan udara pada *orifice* keluaran udara *textile ducting*

## 1.3 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan beberapa cara yaitu :

- a. Studi pustaka yang berupa penelusuran literatur dari buku-buku, standar internasional dan informasi dari internet
- b. Menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian
- c. Melakukan pengambilan data
- d. Analisa dari data yang didapat
- e. Penulisan laporan dari hasil penelitian

## 1.4 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini, *textile ducting* yang akan diteliti menggunakan alat *Air Flow Demonstration Apparatus* (model : AFD-240GTAE) dengan batasan masalah berupa :

1. Pengujian *pressure drop* diuji pada 4 variasi putaran *blower* pada kecepatan 1800 rpm, 1900 rpm, 2200 rpm dan 2400 rpm. Variasi kecepatan ini dimaksudkan berbeda dengan penelitian terdahulu sehingga menambah jumlah variasi data.
2. Untuk pengukuran tekanan dinamik *orifice* ditentukan pada *orifice* 3, 9, 16, 23 dan 30.
3. Pengujian tekanan dinamik dan visualisasi aliran digunakan 1 putaran *blower* 2200 rpm yang berdasar pada variasi putaran *blower* pada penelitian *pressure drop*.

## 1.5 Sistematika Penulisan

- **BAB I Pendahuluan**

Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi, dan sistematika dari penulisan tugas akhir ini.

- **BAB 2 Tinjauan Pustaka**

Berisi tentang teori – teori yang menunjang penelitian dan penulisan laporan seperti aliran fluida , *textile ducting* dan alat ukur.

- **BAB 3 Metodologi Penelitian**

Berisi tentang *eksperimental set-up* dan metode pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian.

- **BAB 4 Hasil dan Pembahasan**

Berisi tentang hasil data yang didapat melalui pengukuran dan perhitungan serta pembahasannya.

- **BAB 5 Kesimpulan dan Saran**

Berisi tentang hasil akhir yang didapat dari penelitian dan rekomendasi untuk penelitian berikutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2. 1. *Textile ducting*

*Ducting* merupakan saluran udara yang mendistribusikan udara kesuatu ruangan untuk bertujuan melakukan pengkondisian udara di ruangan tersebut. Pada *ducting* konvensional material yang digunakan adalah metal yang biaya dan pemakaiannya kurang efisien. Perkembangan teknologi terbaru juga mengembangkan sistem saluran udara yang dapat menggunakan material tekstil sebagai saluran udara atau yang disebut sebagai *textile duct*. Berbeda dengan *duct* konvensional, *textile duct* tidak membutuhkan *diffuser* dan *grille*. *Textile duct* mendistribusikan udara melalui permukaannya maupun melalui *orifice* di sepanjang saluran udara. Pada penerapannya, *textile ducting* memiliki kelebihan baik dari segi teknis, ekonomis, kesehatan, maupun estetika.

Kelebihan dari *textile ducting*:

- Distribusi saluran udara lebih seragam
- Tidak terjadi kondensasi
- Mampu menyaring udara
- Higienis
- Instalasi lebih mudah
- Bermacam pilihan warna
- Memiliki berat yang ringan
- *Maintenance* lebih mudah serta menghemat biaya pemeliharaan



**Gambar 2. 1** Penggunaan *textile ducting* pada Loughborough University

(sumber : [www.ke-fibertec.co.uk](http://www.ke-fibertec.co.uk) )

### 2.1.1. Sistem *textile ducting*

Perancangan *textile ducting* terdiri dari lima langkah/bagian yang harus diperhatikan untuk mendapatkan produk *textile ducting* yang baik yaitu;

1. Jenis dan bentuk ducting
2. Disain layout
3. Bahan
4. Dispersi
5. Suspensi[7]

Untuk mendapatkan pengertian lebih jelas dari langkah-langkah yang diperlukan dalam perancangan *textile ducting*, di bawah ini dijabarkan setiap langkah yang perlu diperhartikan.

### 2.1.1.1 Jenis atau bentuk *ducting*

#### a. Silinder



**Gambar 2. 2** *textile ducting* jenis silinder

(Sumber: Ductsox, Fabric Air-Dispersion Products)

*Textile ducting* jenis ini umumnya digantung horizontal menggunakan *tension cable* atau sistem suspensi aluminium. Inlet diameter pada *ducting* jenis tersebut ditentukan berdasarkan persyaratan kecepatan inlet desain sistem, diameter standar yang biasa digunakan adalah 150-1830 mm. Pada jenis ini, diutamakan memiliki diameter yang konstan untuk meminimalisasi kehilangan (*loses*) karena gesekan.[7]

#### b. Surface mount

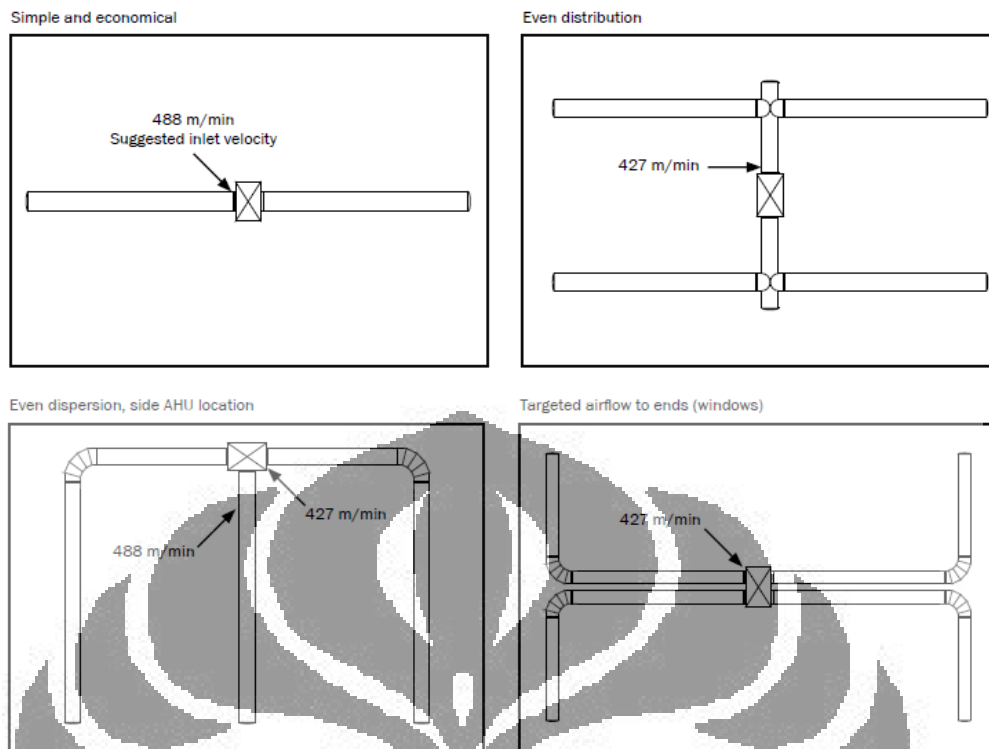


**Gambar 2. 3** *Textile ducting surface mount*

*Textile ducting* jenis ini biasanya terpasang di dinding atau langit-langit. Aliran udara masuk ke sistem melalui bagian ujung tekstil atau panel datar pada dinding. Diameter standar dari *textile ducting* ini biasanya berkisar antara 360-860 mm.[7]

### 2.1.1.2. Desain layout

Secara sederhana, sistem *textile ducting* terdiri dari duct dan diffuser. Desain *layout ducting* harus mengenai sasaran persyaratan udara yang nantinya akan didistribusikan ke dalam sistem. Beberapa contoh desain *layout textile ducting*



**Gambar 2.4** Desain *layout textile ducting*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

### Pemilihan diameter *textile ducting*

#### a. Jenis silinder

Diameter ditentukan berdasarkan aliran udara dan kondisi inlet. Kecepatan inlet yang rendah (1000 – 1200 fpm) akan mereduksi tegangan dan kebisingan. Jika diameter yang dibutuhkan terlalu besar, dapat digunakan tabel 2.1 untuk menentukan kecepatan inlet.[7]

**Tabel 2. 1** Penentuan kecepatan inlet *textile ducting* jenis silinder

Diameter (mm)	Inlet Velocity (m/min)			
	305	368	427	488
203	9.9	11.9	13.8	15.8
254	15.4	18.5	21.6	24.7
305	22.2	26.7	31.1	35.6
356	30.3	36.3	42.4	48.4
408	39.5	47.4	55.4	63.3
457	50.0	60.0	70.1	80.1
508	61.8	74.1	86.5	98.8
559	74.8	89.7	104.7	119.6
610	89.0	106.8	124.5	142.3
660	104.4	125.3	146.2	167.0
711	121.1	145.5	169.5	193.7
762	139.0	166.8	194.6	222.4
813	158.0	189.8	221.4	253.0
864	178.5	214.1	250.0	285.7
914	200.2	240.1	280.2	320.3
965	223.0	267.6	312.2	356.5
1016	247.1	296.5	346.0	395.4
1067	272.4	326.9	381.4	435.9
1118	299.0	358.8	418.6	478.4
1168	326.8	392.2	457.5	522.9
1219	355.8	427.0	498.2	569.3
1270	386.1	463.3	540.6	617.8
1321	417.6	501.1	584.7	668.2
1372	450.4	540.4	630.5	720.6
1422	484.3	581.2	678.1	774.9
1473	519.6	623.5	727.4	831.3
1524	556.0	667.2	778.4	889.6
1575	593.7	712.4	831.2	949.9
1626	632.6	759.1	885.7	1012.2
1677	672.8	807.3	941.9	1076.4
1727	714.2	857.0	999.8	1142.6
1778	756.8	908.1	1059.5	1210.8
1829	800.6	960.8	1120.9	1281.0

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

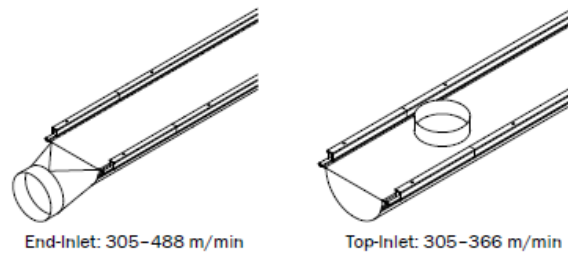
#### b. Jenis surface mount (D- shape)

Dalam menentukan diameter *textile ducting* jenis *surface mount*, dilakukan:

- memilih konfigurasi *top inlet* dan *end inlet*
- menentukan aliran udara melalui masing- masing inlet. Untuk inlet puncak, hitung aliran udara setiap inlet.
- memilih diameter inlet.



- memilih diameter *textile ducting*



**Gambar 2. 5** Konfigurasi *inlet ducting* (bagian akhir atau puncak)

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

Untuk pemilihan *top inlet* dan *end inlet* dapat dilakukan berdasar tabel 2.3 di bawah ini.

**Tabel 2. 2** Pemilihan diameter inlet untuk top inlet dan end inlet

D Shape Dia. (mm)	End Inlet Min. Dia.	Top Inlet Max. Dia.
360	250	250
460	330	360
560	410	460
660	460	560
760	530	660
860	610	760

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

### 2.1.1.3. Bahan tekstil

Yang harus diperhatikan dalam memilih bahan untuk *textile ducting* adalah porositas bahan. Bahan yang memiliki porositas dipilih jika permukaan *ducting* ganda untuk mencegah kondensasi. Bahan yang tidak memiliki porositas dipilih untuk *ducting* dengan permukaan tunggal.[7]

Jenis bahan yang dapat dipilih untuk *textile ducting* diantaranya:

memiliki pororositas udara

- Tuftex
- Sedonna- Xm

Tidak memiliki porositas udara

- EkoTex
- Stat-X

- Microbe-X

#### 2.1.1.4. Dispersi udara

##### Tekanan

Udara yang didistribusikan melalui *textile ducting* menghasilkan tekanan positif ke dalam ruangan. Pada sistem yang tertutup, desain *textile ducting* berdasarkan *Average Pressure (AP)*

$$AP = ISP + 0.66 (VP - VL) \text{ (Pa)} \quad (2.1)$$

(Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

ISP = *Inlet Static Pressure* (Pa)

VP = *Velocity Pressure* =  $(\text{velocity}/5976)^2 \rightarrow \text{Vel} = \text{m/min}$

FL = *Frictional Pressure Loss* (Pa)

##### Model

###### *Comfort-Flow*

Pada model ini, udara dialirkan melalui vent linier.

**Gambar 2. 6 . Model *comfort-flow***

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

###### *High-Throw*

Udara dialirkan melalui *orifice* yang dibuat dengan jarak tertentu. Udara yang keluar *orifice* adalah tipe aliran udara jet.[7]



**Gambar 2. 7 Model *high-throw***

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

### *Low- Throw*

Udara dialirkan melalui bahan permeable untuk mengurangi kecepatan udara kurang dari 30 FPM. Model ini cocok untuk lingkungan pabrik makanan yang membutuhkan distribusi udara seragam dan udara filtrasi.[7]

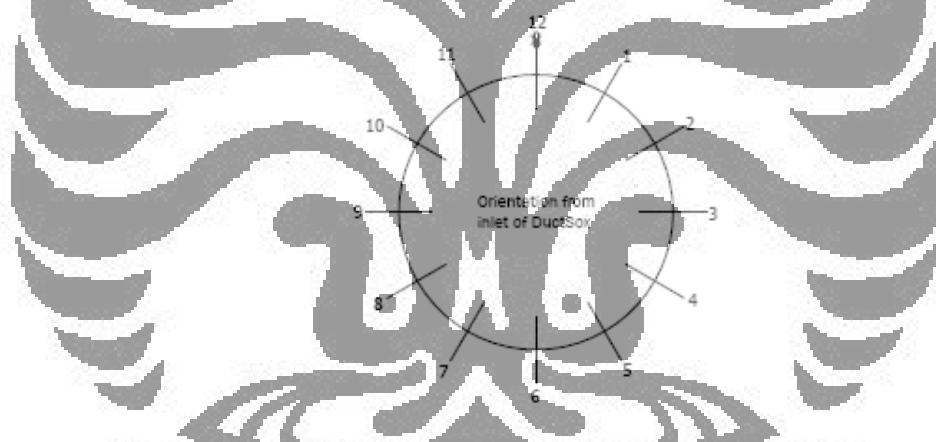


**Gambar 2. 8** Model *low- throw*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

### **Arah semburan aliran udara**

Pertimbangan penentuan arah semburan aliran udara



**Gambar 2. 9** Penentuan arah orientasi outlet udara keluar *orifice*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

- Arah jam 11 dan 1, 10 dan 2, 3 dan 9 : dipilih untuk aplikasi pendinginan atau ventilasi. Semburan udara diarahkan ke eksterior dinding.
- Arah jam 4 dan 8, 5 dan 7, dan 6 : dipilih untuk aplikasi dengan pemanas, atau pendingin atau ventilasi. Semburan diarahkan ke seluruh daerah (*space*).[7]

## Desain orifice

### Model High throw

Pilih ukuran *orifice* dan orientasi berdasarkan semburan. Tekanan yang rendah akan meningkatkan efisiensi, sedikit kebisingan. Untuk menghitung jumlah *orifice*, dihitung dengan cara membagi *airflow* volume dengan *airflow* per *orifice*. [7]

Tabel 2. 3 Penentuan jumlah *airflow* per *orifice* (cfm/ea)

Orifice Size (mm)	AP (Pa)	Airflow (m <sup>3</sup> /min)	Velocity (m/min)		
			45.7	90.5	15.2
13	62	0.046	0.9	1.7	2.4
	124	0.086	1.2	1.8	3.4
	187	0.080	1.5	2.1	4.3
	249	0.093	1.5	2.4	4.9
	311	0.104	1.8	2.7	5.5
25	62	0.188	1.5	2.4	4.9
	124	0.263	2.4	3.4	7.0
	187	0.322	2.7	4.3	8.5
	249	0.372	3.4	4.9	9.8
	311	0.415	3.7	5.5	11.0
51	62	0.743	3.4	4.9	9.8
	124	1.051	4.6	7.0	13.7
	187	1.287	5.8	8.5	17.1
	249	1.486	6.4	9.8	19.5
	311	1.682	7.3	11.0	21.9
64	62	1.181	4.0	6.1	12.2
	124	1.642	5.8	8.5	17.4
	187	2.011	7.0	10.7	21.0
	249	2.303	8.2	12.2	24.4
	311	2.597	9.1	13.7	27.4
76	62	1.672	4.9	7.3	14.6
	124	2.365	7.0	10.4	20.7
	187	2.897	8.5	12.8	25.3
	249	3.545	9.8	14.6	29.3
	311	3.740	11.0	16.5	32.9
102	62	2.978	6.4	9.8	19.5
	124	4.264	9.1	13.7	27.7
	187	5.149	11.3	17.1	33.8
	249	5.946	13.1	19.5	39.0
	311	6.648	14.6	21.9	43.9
127	62	4.645	8.2	12.2	24.4
	124	6.570	11.6	17.4	34.4
	187	8.046	14.0	21.0	42.4
	249	9.290	16.2	24.4	48.8
	311	10.387	18.3	27.4	54.6

16.8+ Indicates theoretical throw value

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

### 2.1.1.5. Sistem suspensi

Sistem suspensi dibuat untuk menjaga kondisi *textile ducting* tetap dalam keadaan mengembang sehingga tidak terjadi penurunan tekanan yang signifikan. Ada beberapa macam model sistem suspensi yang dapat digunakan, diantaranya:

- ***Tension cable***

Sistem ini adalah sistem dengan biaya yang ekonomis dan tersedia dengan berbagai ukuran. [7]



**Gambar 2. 10** Sistem suspensi *tension cable*  
(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

- **3x1 Suspension**

Sistem ini kombinasi kabel suspensi yang digantung untuk menjaga agar *ducting* tetap rata. [7]

**Gambar 2. 11** Sistem suspensi 3 x 1  
(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

## 2. 2. DESAIN DUCTING

### 2.2.1 Losses tekanan statik

Losses tekanan statik pada *ducting* disebabkan oleh:

#### 1. Gesekan

Terjadi karena viskositas fluida dan turbulensi sepanjang saluran *ducting*. Ada tiga cara untuk menghitung *losses* karena gesekan:

- Metode reduksi kecepatan

Kecepatan *fan-discharge* ditentukan terlebih dahulu. *Ducting* didesain untuk sesuai dengan kecepatan rendah dari *main ducting* ke cabang *ducting*.

- Metode *static region*

*Ducting* di desain agar tekanan statik meningkat.

- Metode *equal friction*

*Ducting* didesain untuk menghasilkan kehilangan tekanan yang konstan per unit panjang *ducting*.

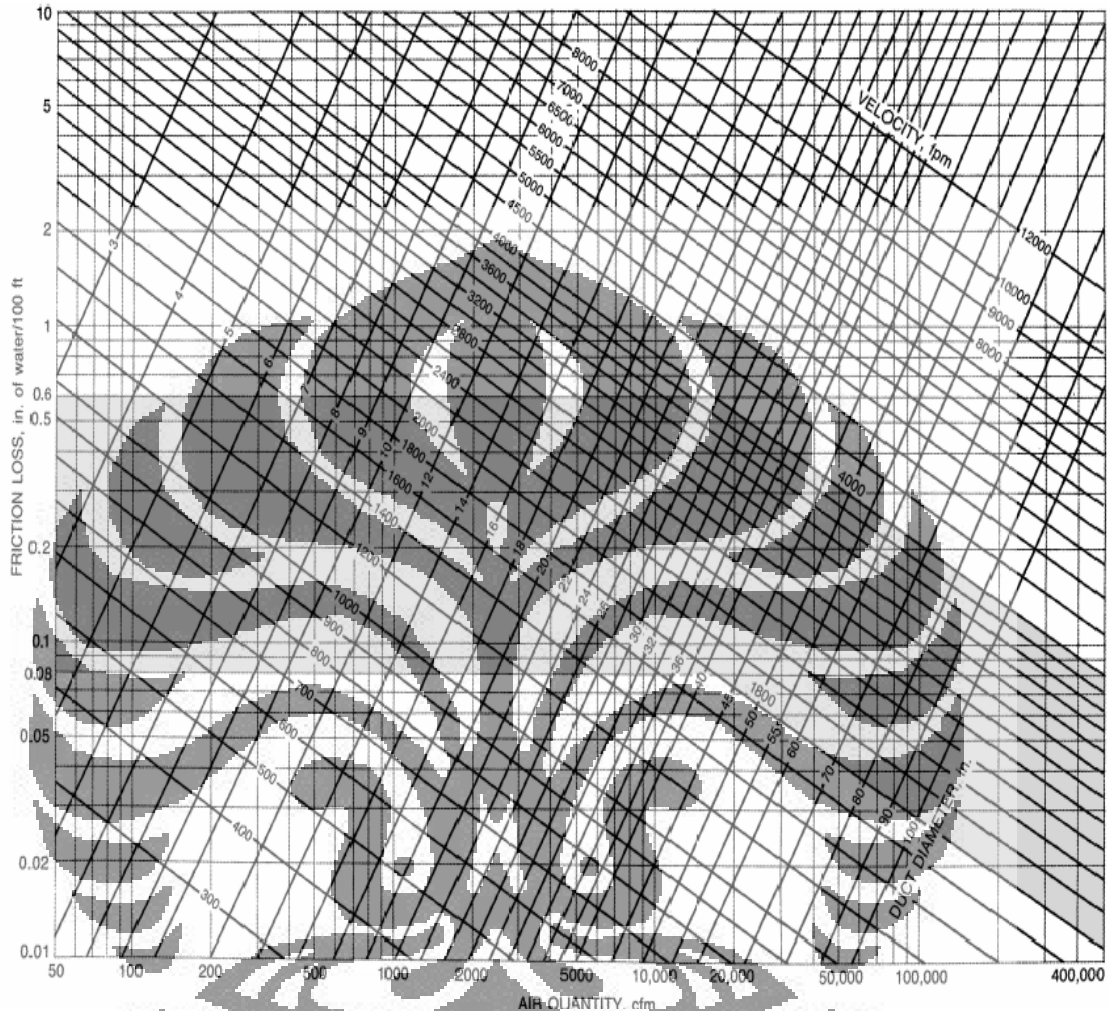
Losses karena gesekan ditentukan dengan:

$$\Delta P = 0.03 f \left( \frac{l}{d^{1.22}} \right) \left( \frac{V}{1000} \right)^{1.82} \quad (2.2)$$

(Sumber: ME 425 - Air Distribution & ASHRAE Outlet Selection)

## 2. Kehilangan dinamik

Terjadi karena gangguan aliran oleh *fitting* yang mengubah luas saluran *ducting*



**Gambar 2. 12** Grafik friction loss terhadap kuantitas udara (cfm)

(Sumber: ME 425 - Air Distribution & ASHRAE Outlet Selection)

### 2.2.2 Friction Factor

Pipa yang mengalir aliran di dalamnya dipengaruhi oleh kekasaran material pipa yang digunakan. Pada aliran turbulen, terdapat lapisan viskos yang terdapat pada dinding pipa. Beberapa kasus yang ada lapisan ini akan menjadi sangat tipis ( $\delta s \ll D$ ), dimana  $\delta s$  adalah ketebalan dari *sublayer*.

Struktur dan sifat yang kasar dari dinding pipa akan sangat mempengaruhi aliran udara. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan aliran udara yang

mengalir melalui dinding yang halus. Oleh karena itu, fungsi dari aliran turbulen sangat bergantung dari massa jenis fluida dan kekasaran dari dinding material pipa.[2]

Pada aliran laminar, tidak terdapat lapisan viskos seperti yang terdapat pada aliran turbulen. Oleh karena itu, kekasaran dinding material yang sangat kecil biasanya diabaikan pada aliran laminar. Pada pipa dengan kekasaran yang besar ( $\varepsilon/D > 0.1$ ) contohnya pada pipa yang bercabang fungsi dari aliran tersebut mungkin akan menjadi fungsi dari kekasaran.

Besarnya jatuh tekanan karena gesekan, atau yang disebut pula dengan kerugian gesek (*friction loss/head loss*) pada pipa/duct dapat dihitung dengan persamaan[2]

$$H_L = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.3)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Dimana,

$H_L$  = head loss

$f$  = friction factor

$l$  = length of the pipe

$D$  = diameter of the pipe

$V$  = average velocity of the fluid flow

$g$  = gravity

persamaan di atas merupakan persamaan *Darcy-Weichbach*, yang umum digunakan pada keadaan *fully developed, steady*, baik pada pipa horizontal atau vertical. Persamaan *Darcy-Weichbach* menunjukkan hubungan *friction loss* dengan kecepatan fluida, panjang, dan diameter pipa/duct.

*Friction factor, f*, merupakan parameter tak berdimensi yang besarnya tergantung pada material dan bilangan *Reynolds*. *Friction factor* dapat ditentukan dengan mengetahui terlebih dahulu besarnya *pressure drop*  $\Delta p$  .[2]



$$f = \frac{\Delta p \times D \times 2g}{\rho \times V^2 \times l} \quad (2.4)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

$l$  = length of the pipe

$D$  = diameter of the pipe

$V$  = average velocity of the fluid

$\rho$  = density

$f$  = friction factor

Pada aliran *fully developed*, nilai dari *friction factor* ( $f$ ) untuk aliran laminar hanya merupakan fungsi dari bilangan Reynolds, nilainya diberikan oleh rumus :

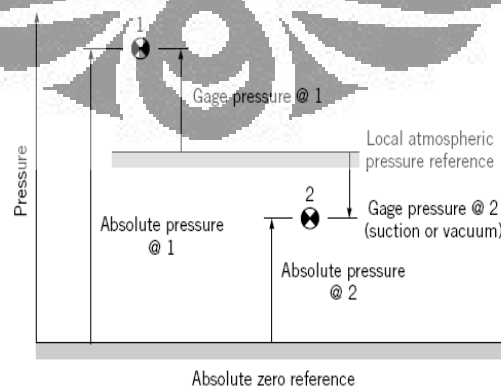
$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.5)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

### 2.3. KONSEP TEKANAN

#### Pengukuran tekanan

Tekanan adalah karakteristik yang sangat penting bagi fluida. Banyak alat dan cara yang dibuat untuk melakukan pengukuran tekanan pada fluida. Konsep pengukuran tekanan dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.13** Representasi pengukuran tekanan dan tekanan absolute

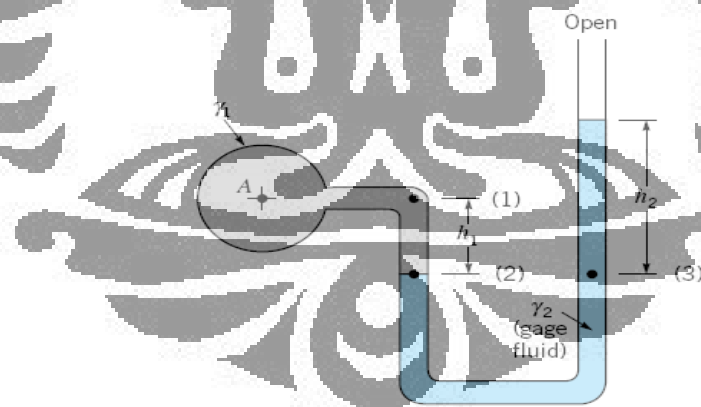
(Sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

Untuk memahami konsep tekanan dari gambar di atas, tekanan atmosfer lokal (*local atmospheric*) dapat dijadikan sebagai referensi. Tekanan pengukuran (*gage pressure*) adalah tekanan yang diukur relatif terhadap atmosfer setempat. Tekanan pengukuran (*gage pressure*) dapat bernilai positif atau negatif. Bernilai positif jika lebih besar dari tekanan atmosfer dan bernilai negatif jika lebih kecil dari tekanan atmosfer (*suction or vacuum*). Sementara itu, tekanan mutlak (*absolute pressure*) adalah tekanan yang diukur relatif terhadap nol absolute. Satuan tekanan dalam SI adalah  $\text{N/m}^2$  (Pa). Tekanan dapat dinyatakan dalam ketinggian kolom fluida (in, ft, mm, m, dan lain- lain) dengan jenis fluida yang dikhususkan ( $\text{H}_2\text{O}$ , Hg, dan lain- lain).[1]

### 2.3.1. Manometri

Teknik pengukuran tekanan dapat dilakukan dengan menggunakan kolom fluida yang vertikal atau miring. Alat untuk pengukuran tersebut disebut dengan manometer. Ada beberapa jenis manometer yang digunakan dalam pengukuran tekanan, diantaranya:

#### a. Manometer tabung U



**Gambar 2. 14** Manometer U

(Sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

Untuk menentukan tekanan dari sebuah manometer, cukup menggunakan kenyataan bahwa tekanan dalam kolom cairan akan berubah secara hidrostatis. Untuk menentukan tekanan pada gambar di atas, kita dapat mulai dari titik A dan

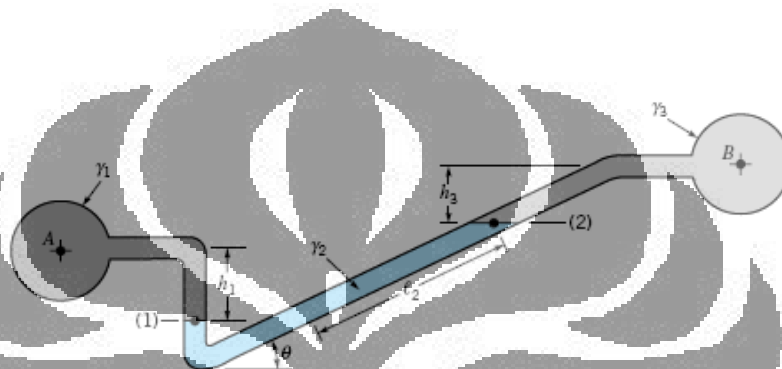
menelusurinya sampai ke ujung terbuka. [1] Dengan mengacu fluida yang ada pada manometer (*fluida pengukuran*) kita dapat membuat persamaan:

$$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 = 0 \quad (2.6)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

sehingga kita dapat menentukan tekanan di titik A

b. Manometer miring (*inclined manometer*)



Gambar 2.15 Skema manometer miring

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Manometer tabung miring dapat digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan yang kecil dengan akurat. Perbedaan tekanan  $p_A$  dan  $p_B$  dapat dinyatakan sebagai:

$$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 l_2 \sin \theta - \gamma_3 h_3 = P_B \quad (2.7)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

### 2.3.2. Tekanan statik, stagnasi, dinamik dan total

Dengan mengacu pada persamaan Bernoulli:

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma z = \text{tetap} \quad (2.8)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

setiap sukunya dapat ditafsirkan sebagai bentuk tekanan. Suku pertama,  $P$  adalah tekanan termodinamika aktual dari fluida ketika mengalir. Untuk mengukur nilainya, kita bergerak bersama fluida sehingga menjadi “statik” relative terhadap

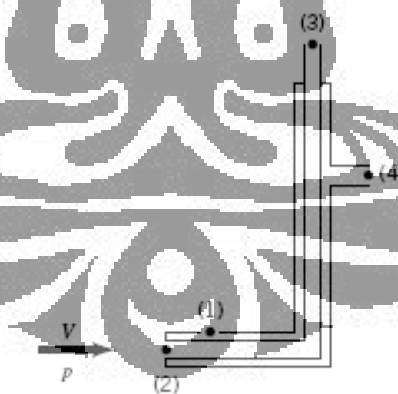
fluida yang bergerak. Maka tekanan tersebut disebut sebagai tekanan statik (*static pressure*). Suku kedua,  $\frac{1}{2}\rho V^2$  disebut sebagai tekanan dinamik (*dynamic pressure*).[1]

Jika efek ketinggian diabaikan, tekanan stagnasi,  $P + \frac{1}{2}\rho V^2$ , adalah tekanan terbesar yang dapat diperoleh sepanjang suatu garis- arus. Tekanan tersebut menunjukkan perubahan dari seluruh energi kinetik menjadi suatu kenaikan tekanan. Jumlah dari tekanan statik, tekanan hidrostatik, dan tekanan dinamik sebagai tekanan total,  $P_T$ . Sehingga:

$$P + \frac{1}{2}\rho V^2 + \gamma z = p_T = \text{tetap} \quad (2.9)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Untuk mengetahui nilai- nilai tekanan statik dan stagnasi di dalam suatu fluida menunjukkan bahwa kecepatan fluida dapat dihitung. Hal itu merupakan prinsip yang berlaku pada tabung pitot- statik.



**Gambar 2. 16** Tabung pitot statik

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Tabung yang ditengah mengukur tekanan stagnasi pada ujung terbukanya. Jika perubahan ketinggian diabaikan maka

$$P_3 = P + \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2.10)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

dengan  $p$  dan  $V$  adalah tekanan dan kecepatan fluida di hulu dari titik (2). Tabung bagian luar dibuat dengan beberapa lubang kecil pada jarak yang tepat dari ujung sehingga lubang- lubang tersebut mengukur tekanan statik. Jika perbedaan ketinggian (1) dan (4) diabaikan, maka

$$P_4 = P_1 = P \quad (2.11)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Dengan kedua persamaan di atas, kita dapat menghubungkan

$$P_3 - P_4 = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2.12)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

dan untuk mendapatkan besar kecepatan,

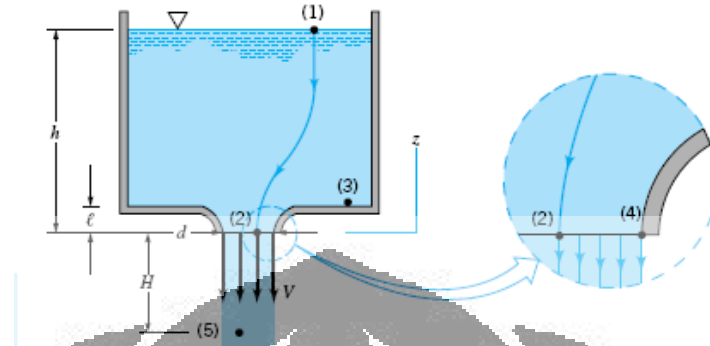
$$V = \sqrt{2(P_3 - P_4) / \rho} \quad (2.13)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Dalam menggunakan tabung pitot statik diperlukan kehati- hatian untuk mendapatkan nilai yang akurat. Suatu pengukuran tekanan statik yang akurat membutuhkan kondisi dimana tidak ada sedikitpun energi kinetik fluida yang diubah menjadi kenaikan tekanan pada titik pengukuran. Hal tersebut membutuhkan lubang yang halus tanpa adanya guratan ataupun kesempurnaan. Karena jika itu terjadi dapat menyebabkan tekanan yang terukur lebih besar atau kurang dari tekanan statik yang sesungguhnya.[1]

### 2.3.3. Jet bebas

Sebuah jet cairan dengan diameter  $d$  mengalir dari nosel dengan kecepatan  $V$ .



**Gambar 2. 17** Aliran vertikal dari sebuah tangki

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 2, Bruce R. Munson)

Dari gambar di atas,  $z_1 = h$ ,  $z_2 = 0$ , reservoir besar ( $V_1=0$ ) terbuka ke atmosfer ( $P_1=0$  pengukuran), dan fluida meninggalkan reservoir sebagai “jet bebas” ( $P_2=0$ ) sehingga kita memperoleh

$$V = \sqrt{2 \frac{\gamma h}{\rho}} = \sqrt{2gh} \quad (2.14)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

Tekanan yang keluar jet sama dengan tekanan lingkungan ( $P_2=0$ ), jika garis arus titil 2 ke 4 lurus maka  $P_2 = P_4$ . Titik 4 berada dipermukaan jet, tekanan di titik tersebut adalah tekanan atmosfer. Tekanan pada titik 5, yang semakin jauh dari jet juga sama dengan tekanan atmosfer ( $P_5=0$ ). Sementara itu, kecepatan pada titik 5 meningkat dengan

$$V = \sqrt{2g(h+H)} \quad (2.15)$$

(sumber: Mekanika Fluida Jilid 1, Bruce R. Munson)

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

## 3.2. Peralatan uji

### 3.2.1 *Textile ducting*

Rancangan *textile ducting* disesuaikan pada rancangan *textile ducting* sudah ada yang dilakukan oleh penelitian terdahulu dan mengacu dengan *Air Flow Demonstration Apparatus* (AFD-240GTAE) yang bermodel *High throw*. Tipe aliran udara yang keluar dari *orifice textile ducting* adalah tipe aliran udara jet. Pemasangan *ducting* menggunakan kerangka yang dapat menjaga *ducting* pada posisi yang lurus (*inline*) dan kebundarannya. Hal ini dilakukan agar menghindari terjadinya lekukan/ kerutan yang dapat terjadi pada *textile ducting* sehingga dapat mempengaruhi *pressure drop* pada *duct*. Rancangan *textile ducting* dibuat tanpa percabangan sehingga keseluruhan *ducting* dapat disebut main duct.[3]



**Gambar 3. 2** Desain rancangan *textile ducting*

#### 3.2.1.1.

- *Evaporator*

*Evaporator* adalah sebagai suplai udara dingin yang dialirkan melalui *Air Flow Demonstration Apparatus* menuju *textile ducting*. Udara yang bertemperatur rendah akan dikeluarkan melalui *orifice ducting*. Meskipun pada penelitian kali ini tidak menggunakan *evaporator* dalam sistem yang dijalankan untuk dilakukan pengambilan data.[3]





Gambar 3.3. Evaporator

- *Drift Eliminator*

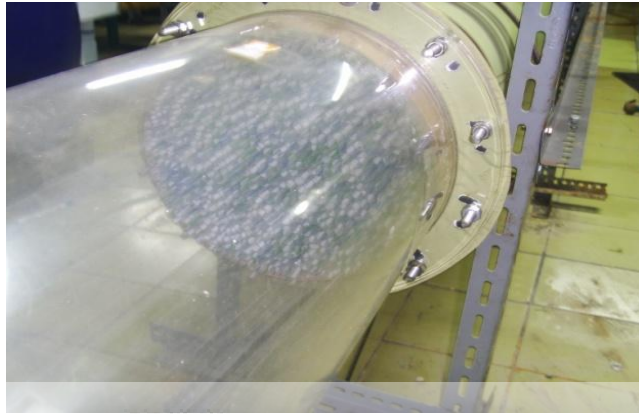
*Drift eliminator* bertujuan untuk mengurangi *moisture* yang keluar dari pada saat *evaporator* digunakan agar tidak masuk ke dalam *apparatus* dan *textile ducting*. Material yang digunakan sebagai *drift eliminator* adalah kayu triplex.[3]



Gambar 3.4 Skema pemasangan *drift eliminator*

- *Straightener*

Komponen *Sraightener* bertujuan untuk membuat aliran udara pada bagian *entrance length textile ducting* akan dapat lebih cepat mengalami *fully developed*. Hal ini bertujuan agar profil kecepatan didalam *textile ducting* dapat seragam atau tidak berubah. Sebelum udara masuk ke dalam *textile ducting* (udara pada *apparatus*), masih bersifat turbulen sehingga diperlukan pemasangan *straightener* untuk memberikan gangguan pada udara sehingga udara yang masuk ke dalam *textile ducting* menjadi *fully developed*. [3]



**Gambar 3.5 Straightener pada apparatus**

- Rangka atau penyangga *duct*

Penyangga *ducting* bertujuan agar *textile ducting* tetap dalam posisi lurus (*inline*) dan tetap terjaga kebendarannya. Kesesuaian dalam perancangan penyangga *ducting* sangat mempengaruhi instalasi *textile ducting*. Tidak boleh terdapat lekukan pada tekstil karena pengaruh penyangga yang tidak sesuai. Terjadinya lekukan akan mengganggu aliran di dalam *ducting* sehingga mempengaruhi *pressure drop*.



**Gambar 3.6 Rangka duct**

### 3.2.2 Desain *textile ducting*

Sesuai yang telah dilakukan pada penelitian terlebih dahulu yang sudah melakukan perancangan *textile ducting* telah dilakukan beberapa tahapan yaitu:

a. Pemilihan bahan *textile ducting*

*Textile ducting* yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan *textile ducting* dengan nama pasar *Taslan Coating*. Bahan *textile ducting* tersebut telah di uji permeabilitasnya dan memiliki permeabilitas nol [5]. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat *textile ducting*.

b. Penentuan jenis aliran udara

Jenis aliran udara yang dipilih yaitu *high throw*, karena aliran udara yang dihasilkan cukup kuat dan jangkauan yang luas.

c. Penentuan diameter *duct* dan perhitungan jumlah *orifice*

Penentuan diameter *textile ducting* berdasarkan kecepatan aliran udara pada *main duct* yaitu kecepatan yang langsung di suplai oleh fan ke *main duct*. Sesuai standar *Ductsox Air Dispersion System*, kecepatan di *main duct* untuk *textile ducting* ditentukan untuk 1500 fpm, 1750 fpm, dan 2000 fpm. Kecepatan lebih dari 2250 fpm akan membuat *textile ducting fluttering* (berkibar). Sementara itu, kecepatan di bawah 1500 fpm akan membuat *textile ducting* mengkerut.[5]

Langkah- langkah dalam penentuan ukuran tekstil untuk *ducting*:

- Penentuan diameter dari hasil perhitungan

**Tabel 3. 1** Penentuan diameter dari hasil perhitungan

rpm	V		Q		d	
	Fpm	m/s	Cfm	m <sup>3</sup> /min	m	in
1200	1500	7.62	541.8	15.3411	0.21	<b>8.14</b>
	1750	8.89	541.8	15.3411	0.19	<b>7.54</b>
	2000	10.16	541.8	15.3411	0.18	<b>7.05</b>

1800	1500	7.62	781.5	22.1286	0.25	<b>9.78</b>
	1750	8.89	781.5	22.1286	0.23	<b>9.05</b>
	2000	10.16	781.5	22.1286	0.22	<b>8.47</b>
2400	1500	7.62	1073	30.3883	0.29	<b>11.5</b>
	1750	8.89	1073	30.3883	0.27	<b>10.6</b>
	2000	10.16	1073	30.3883	0.25	<b>9.92</b>
2900	1500	7.62	1283	36.3267	0.32	<b>12.5</b>
	1750	8.89	1283	36.3267	0.29	<b>11.6</b>
	2000	10.16	1283	36.3267	0.28	<b>10.8</b>

dengan:

rpm = putaran fan pada *blower apparatus* (Nilai rpm 1200, 1800, 2400, dan 2900 adalah putaran yang di uji saat kalibrasi *Air Flow Demonstration Apparatus* pada penelitian terdahulu.)

$v$  = kecepatan udara di main duct (fpm)

$Q$  = *flow rate* yang diperoleh dari putaran fan, m<sup>3</sup>/min  
(didapat melalui perhitungan)

$d$  = diameter duct (m)

Dari hasil perhitungan di atas, diameter *ducting* yang dapat dipilih adalah 8, 10, dan 12 inchi. Untuk penelitian ini, diameter *textile ducting* yang dipilih adalah 10 inchi. Salah satu alasannya disesuaikan dengan diameter *apparatus* dan kemudahan dalam instalasi *textile ducting* karena tidak membutuhkan *reducer* dari *apparatus* ke tekstil. [4]

- Menentukan suplai udara pada *main duct* = 1500 FPM
- Menentukan panjang *ducting* = 6 m
- Average Pressure merupakan dasar untuk mendesain *textile ducting*. Untuk perhitungan *Average Pressure* digunakan rumus:

$$AP = ISP + 0.65 (VP - FL) \quad (3.1)$$

Dengan:

ISP = *Inlet Static Pressure*

VP = *Velocity Pressure*

FL = *Friction loss*

- Melakukan perhitungan tekanan di dalam *ducting*

**Tabel 3. 2** Perhitungan tekanan di dalam *textile ducting*

Perhitungan tekanan didalam <i>ducting</i>		
Kecepatan inlet	7,62 m/s (1500 fpm)	Ditentukan
Tekanan statik (ISP1)	0,5 in. H2O	Standar desain ( <i>DuctSox</i> )
Tekanan kecepatan (VP)	$(V/4005)^2 = (1500/4005)^2 = 0,14$ in. H2O	
Kerugian gesek (FL)	0.04 in. H2O	Nilai FL diperoleh berdasarkan Gambar
Tekanan rata-rata (AP)	$AP = ISP1 + 0,66 \times (VP - FL)$ $AP = 0,5 + 0,66 \times (0,14 - 0,04) = 0,6$ in. H2O	4.3, untuk panjang 19.7 ft.

- Melakukan perhitungan ukuran *orifice*

**Tabel 3. 3** Perhitungan desain *orifice textile ducting*

Jenis <i>Ducting</i>	
Bahan	<i>Taslan coating</i>
Model	<i>High throw</i>
Jumlah <i>ducting</i>	1
Suplai udara suplai per <i>ducting</i>	730.2 cfm (Untuk memperoleh kecepatan 1500 fpm)
Diameter <i>ducting</i>	0.24 m (10 in.) (Ditentukan)
Panjang <i>ducting</i>	6 m (19,7 ft) (Ditentukan)
Desain <i>orifice</i>	
Diameter <i>orifice</i>	1 in. (Ditentukan berdasarkan Tabel

	2.4)
Air flow <i>orifice</i>	11.37 cfm/ <i>orifice</i> (Dipilih dari tabel 2.4, diperkirakan nilai AP= 0.75 in w.g)
Jumlah <i>orifice</i>	= (Jumlah suplai udara per <i>ducting</i> / jumlah udara outlet per <i>orifice</i> ) = (730.2 cfm / 11.37 cfm) = 64.2 dibulatkan kebawah → 64 buah <i>orifice</i>
rekomendasi jarak dari inlet fan – <i>ducting</i> = 4 ft (tanpa <i>orifice</i> )	
$L_1'$	19.7 ft – 4 ft = 15.7 ft = 188.4 in.
Spasi antar <i>orifice</i>	$L_1' / (\text{jml } orifice/2) = 188.4 / (64/2) = 5.9 \text{ in.}$

Dari tabel di atas, dimensi *textile ducting* yang dibuat adalah:

Panjang *ducting* = 6 m

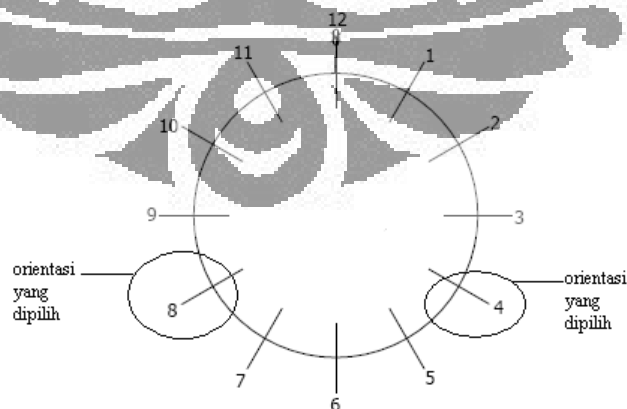
Diameter *ducting* = 10 in = 0.254 m

Diameter *orifice* = 1 in

Spasi antar *orifice* 5.9 in [3]

d) Penentuan orientasi outlet

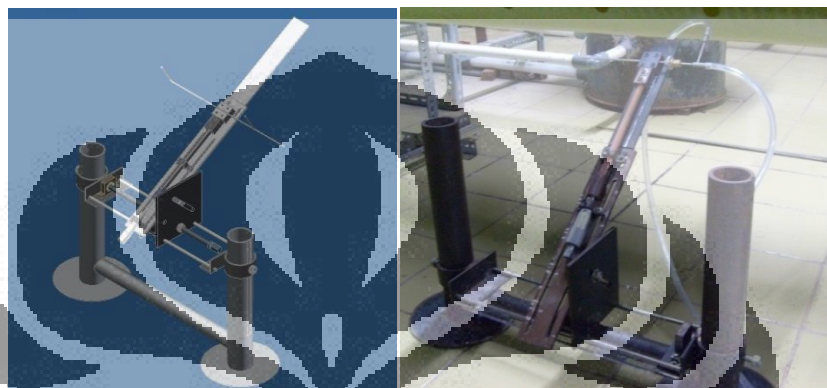
Penentuan orientasi outlet pada *textile ducting* akan menentukan panjang jangkauan aliran udara keluar *orifice*. Pada penelitian tersebut dipilih posisi jam 4&8. [3]



**Gambar 3. 7** Penentuan orientasi outlet

### 3.3. *Pitot tube Transverse Apparatus*

*Pitot tube Transverse Apparatus* merupakan alat bantu yang digunakan untuk mengukur tekanan dinamik udara keluar *orifice*. Fungsi alat ini yaitu menempatkan *pitot tube* yang digunakan untuk mengukur tekanan dinamik dari aliran udara keluar *orifice*. *Pitot tube* kemudian dapat mengukur tekanan statik dan tekanan stagnasi, yang dapat terbaca pada *pressure transmitter* yang terhubung dengan *pitot tube*.



**Gambar 3. 8** *Pitot tube Transverse Apparatus*

*Pitot tube Transverse Apparatus* di desain agar dapat bekerja dalam tiga sumbu axis (x,y,z):

- a). Pergerakan sumbu- x



**Gambar 3. 9** Pergerakan sumbu- x

Dengan bantuan rel, *pitot tube holder* dapat digerakkan ke kiri dan ke kanan. Penentuan jarak menggunakan penggaris (skala cm) karena disesuaikan dengan pengambilan data. Fungsi dari pergerakan tersebut adalah untuk kemudahan dalam pengukuran tekanan dinamik setiap titik di area *orifice* yang menjadi tempat keluar aliran udara.

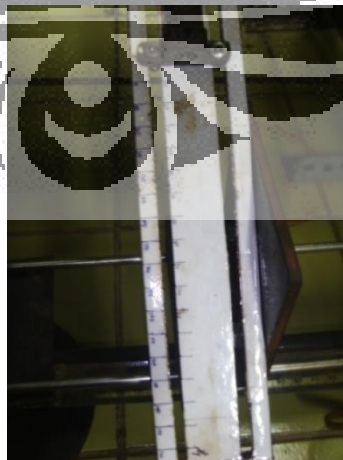
## b) Pergerakan sumbu- y



**Gambar 3. 10** Pergerakan sumbu-y

Pergerakan naik- turun digunakan untuk memudahkan pengaturan sudut dan ketinggian saat melakukan pengukuran menggunakan *transverse apparatus*. Pada awalnya pergerakan sumbu-y tidak dapat mulus, dikarenakan terjadinya korosi yang membuat friksi menjadi besar. Oleh karena itu, diberikan pelumas untuk mengurangi friksi yang terjadi sehingga pergerakan sumbu-y lebih mulus. Untuk menahan holder agar tetap dan tidak bergeser kebawah maka diberikan baut yang berfungsi sebagai pengunci agar tidak kendur.

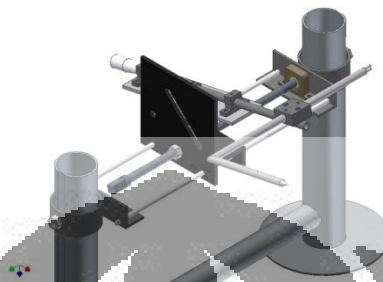
## c) Pergerakan sumbu- z



**Gambar 3. 11** Pergerakan sumbu- z



Yang dimaksud pergerakan sumbu- z adalah untuk mengatur *pitot tube holder* saat pengukuran aliran di depan *orifice*. Pada permukaan slot diberikan skala yang terukur setiap 10 mm agar memudahkan pengukuran sumbu-z setiap 10 mm.



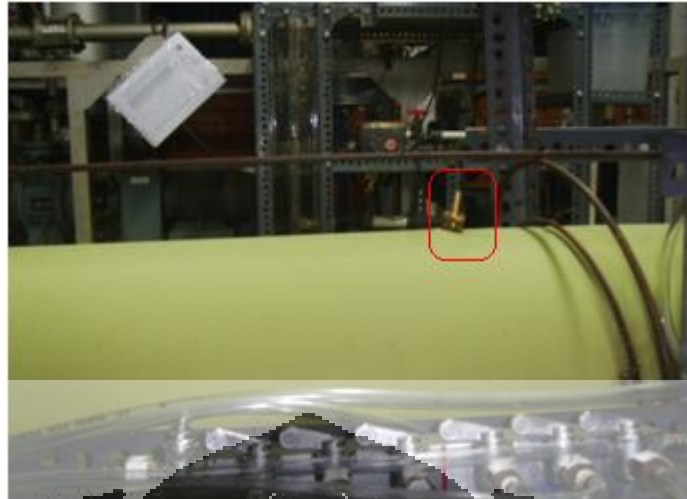
**Gambar 3. 12** Pengatur sudut kemiringan.

### 3.4. Metode pengambilan data

Mencari karakteristik fenomena pola aliran udara pada *textile ducting* diperlukan metode pengambilan data yang tepat dan seakurat mungkin. Tujuannya adalah agar mendapatkan data yang dapat dipertanggungjawabkan. Pada penelitian ini, metode pengambilan data dilakukan dalam 2 tahap, yaitu:

#### 3.4.1 Pengukuran Tekanan Statik

Pengukuran tekanan statik ini bertujuan untuk mengetahui *pressure drop* yang terjadi sepanjang *textile ducting*. Pengukuran menggunakan *pressure tap* yang berupa *nipple* untuk dapat mengukur tekanan statik. Pemasangan *nipple* mempunyai jarak 60 cm antara 2 *nipple*, sehingga total *nipple* yang terpasang berjumlah 9 buah. Alat bantu lain diperlukan untuk memudahkan pengukuran tekanan statik, yang berupa *manifold*.



**Gambar 3. 13** *Nipple* yang terpasang pada dinding *textile ducting*



**Gambar 3. 14** *Manifold* untuk membantu pengukuran tekanan statik

Untuk mendapatkan suatu variasi *pressure drop* sepanjang duct maka pada saat percobaan dipakai 4 variasi putaran *blower* yang berbeda yaitu 1800 rpm, 1900 rpm, 2200 rpm, dan 2400 rpm.

#### 3.4.2. Pengukuran tekanan dinamik

Pengambilan data dilakukan pada orientasi outlet jam 4 dan jam 8 pada lubang *orifice* yang sama. Pengukuran tekanan tidak dilakukan pada semua lubang *orifice* karena profil kecepatan aliran udara yang keluar lubang *orifice* menunjukkan keseragaman yaitu semakin jauh dari pusat lubang *orifice* memiliki kecepatan semakin kecil sehingga pengukuran dilakukan pada beberapa lubang.

Pengambilan data dilakukan pada lubang ke 3, 9, 16, 23, dan 30 (dari arah depan/ *entrance length*). Pengukuran dilakukan pada putaran sesuai dengan salah

satu variasi putaran pada saat pengukuran tekanan statik untuk penelitian *pressure drop*.

Debit dari main duct yang diuji dapat ditentukan dengan pengukuran dan perhitungan yang mengacu pada *apparatus* demonstrasi aliran udara (*Airflow Demonstration Apparatus*). Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan *pressure differential* antara daerah di depan *orifice* dan di belakang *orifice* (melewati *orifice*). Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan *Discharge air flow rate across orifice*. Dari hasil pengukuran dimasukkan ke dalam persamaan:

$$Q = 60 \cdot \alpha_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot a_0 \cdot \sqrt{\frac{2g}{\gamma_0} h_0} \quad (3.2)$$

(*Katalog Air Flow Demonstration Apparatus*)

dengan:

$Q$  = Laju aliran udara melewati *orifice* ( $m^3/min$ )

$\alpha_0$  = Discharge koefisien (-), didapat dari tabel 3.4.

$\varepsilon_0$  = Faktor koreksi akibat ekspansi udara (-), didapat dari tabel 3.4.

$a_0$  = Luas lingkaran *apparatus* =  $\frac{\pi}{4} d_0^2 (m^2)$

$\gamma_0$  = Berat spesifik udara ( $1,23 \text{ kg}/m^3$ )

$h_0$  = Perbedaan tekanan melalui *orifice apparatus* (mmAq)

Tabel 3.4 Nilai  $\alpha_0$  dan  $\varepsilon_0$

Model	$\alpha_0$ (-)	$d_0$ (m)	$a_0$ (m)	$\varepsilon_0$ (-)	D2 (m)
AFD 240	0,687	0,1644	0,021	1,0	0,24
BTP 290	0,76	0,23	0,042	1,0	0,29

Nilai  $Q$  yang diperoleh kemudian dihitung untuk mendapatkan kecepatan dengan hubungan kontinuitas

$$Q = A \cdot V \quad (3.3)$$

dengan:

$Q$  = Laju aliran udara melewati *orifice* ( $m^3/min$ )

$A$  = Luas lingkaran *apparatus* =  $\frac{\pi}{4} d_0^2 (m^2)$

$V$  = Kecepatan melewati *orifice* (m/min)

Nilai  $V$  (m/min) dikonversi menjadi fpm

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data adalah arah gerak *pitot tube* terhadap aliran udara keluar *orifice*. *Pitot tube* yang digunakan memiliki dua tap (statik dan stagnasi), aliran/ vektor kecepatan udara yang mengenai kedua tap akan memberikan pembacaan pada manometer. Pengukuran kedua tekanan diperlukan kehati-hatian terutama tap statik karena jika keluar dari vektor kecepatan udara keluar *orifice* maka yang terukur adalah tekanan atmosfer.

Pengambilan data dilakukan dengan menggeser *pitot tube* maju-mundur dan kiri-kanan di depan pusat lubang *orifice*. Jarak tersebut harus ditentukan untuk kemudahan dalam pencatatan data. Pergeseran *pitot tube* dimulai dari jarak paling dekat lubang *orifice* hingga yang paling jauh dari lubang *orifice*. Jarak pergerakan sumbu- $z$  paling dekat dengan *orifice* adalah 50 mm dengan pertimbangan model *pitot tube* yang tidak dapat diposisikan tepat di tengah *orifice* ( $z = 0$  mm). Pergeseran kiri dan kanan (sumbu- $x$ ) juga dilakukan pada jarak yang sama 5 mm.

#### Alat ukur

Alat ukur yang digunakan terdiri dari:

1. *Pitot tube*



**Gambar 3. 15** *Pitot tube*

*Pitot tube* digunakan mengukur tekanan dinamik udara yang keluar dari *orifice*

## 2. Pressure transmitter



Gambar 3. 16 pressure transmitter



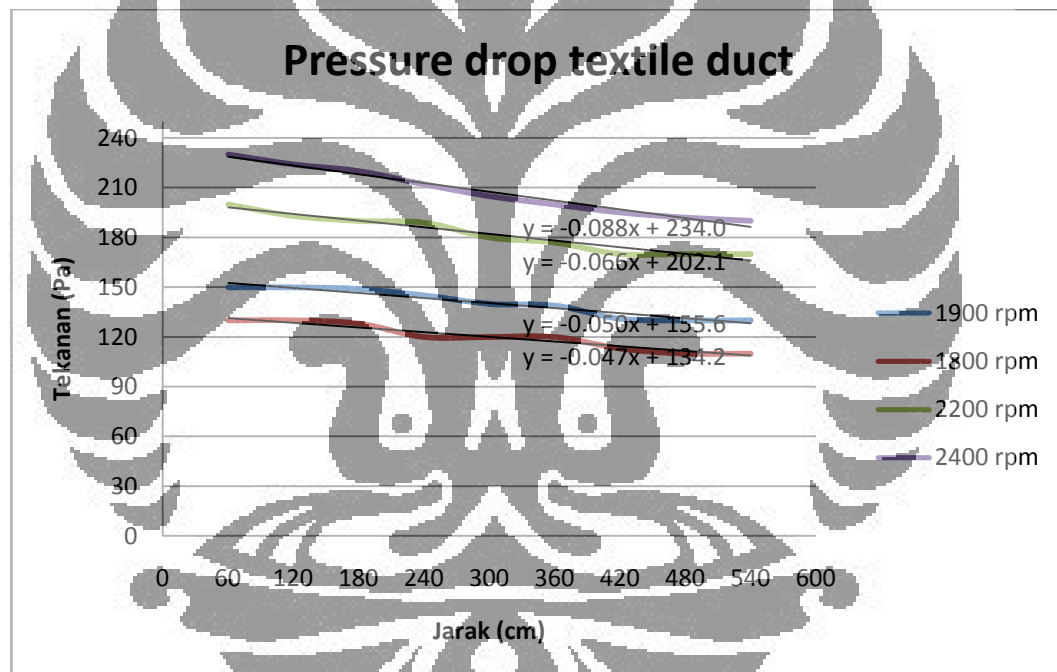
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. *Pressure drop pada textile ducting*

Sesuai dengan teori yang ada didalam sebuah tekanan statik sebuah aliran didalam pipa atau duct bervariasi, yang mana tekanan akan semakin berkurang seiring dengan pertambahan jarak. Terjadinya jatuh tekanan atau *pressure drop* disebabkan oleh adanya kerugian gesek atau friction loss didalam pipa. Didalam pipa atau duct kerugian gesek merupakan major loss.

Pada percobaan yang telah dilakukan, tekanan didalam *textile ducting* menurun terhadap pertambahan jarak.



Gambar 4.1 Variasi tekanan sepanjang *textile ducting*

Gambar 4.1 memperlihatkan grafik penurunan tekanan terhadap jarak sepanjang dari *textile ducting*. Hal ini terjadi akibat adanya gesekan dari udara dengan material duct. Dari jarak dekat dengan inlet duct, sampai dengan bagian tengah yaitu pada jarak 300 cm atau pada pengukuran *nipple 5*, gradien dari *pressure drop* yang terjadi cukup signifikan. Setelah jarak 300 cm hingga ujung dari *textile ducting* yaitu hingga jarak 600 cm, gradient penurunan *pressure drop* yang terjadi pada *textile ducting* tidak terlalu signifikan

#### 4.2. Profil kecepatan udara keluar lubang *orifice*

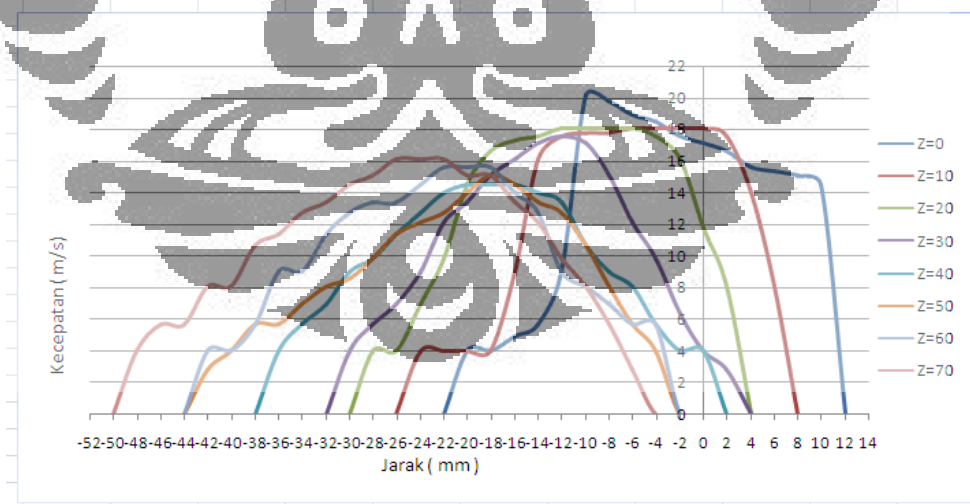
Profil kecepatan udara keluar lubang *orifice* diperoleh dengan menggunakan *pitot tube* dan *pressure transmitter* sebagai alat ukurnya. Variabel yang diukur adalah tekanan dinamik yang dapat dilanjutkan untuk menghitung kecepatan.



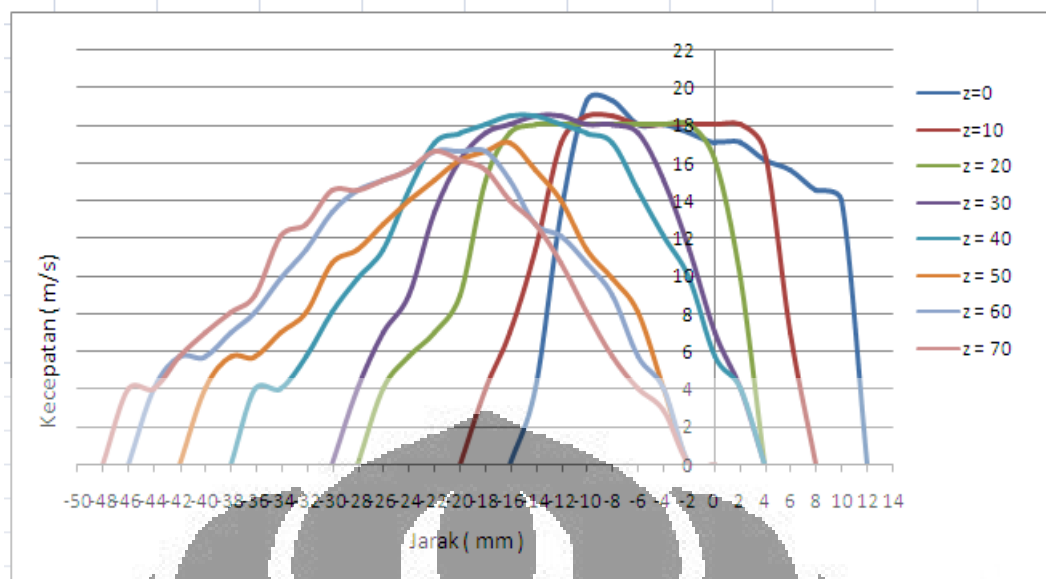
Gambar 4. 2 Ilustrasi *orifice* yang diukur

Untuk memudahkan analisa dari profil kecepatan aliran udara keluar lubang *orifice* grafik yang dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu berdasarkan pada setiap *orifice* dan perpindahan arah z.

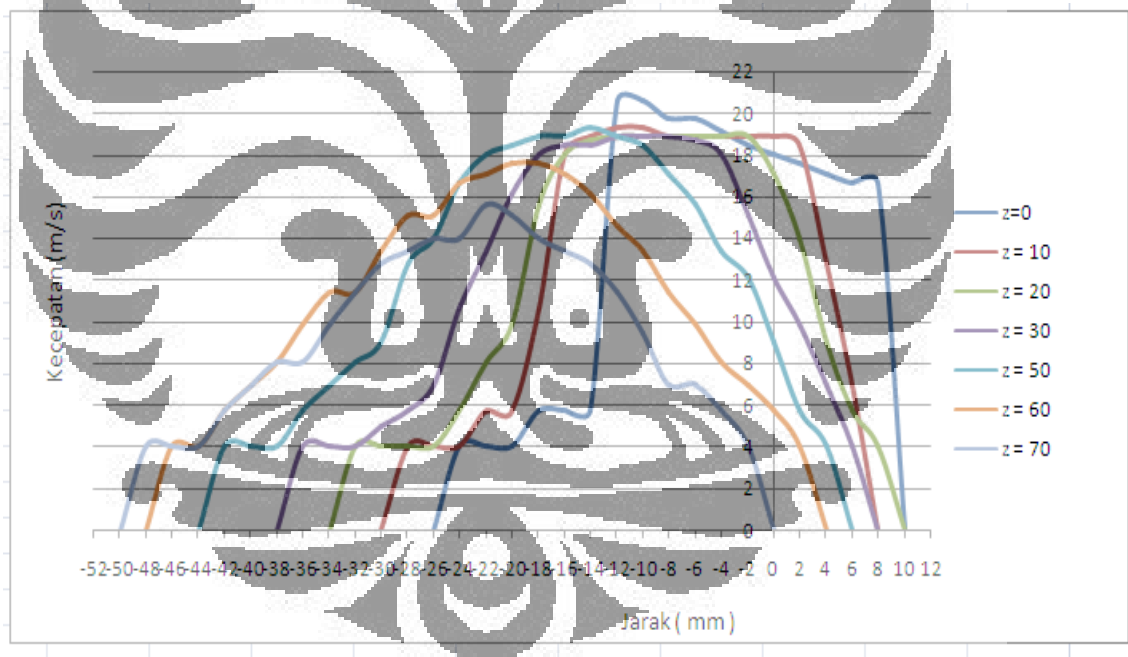
##### a. Profil kecepatan udara outlet pada setiap *orifice*



Gambar 4. 3 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 3 arah jam 4

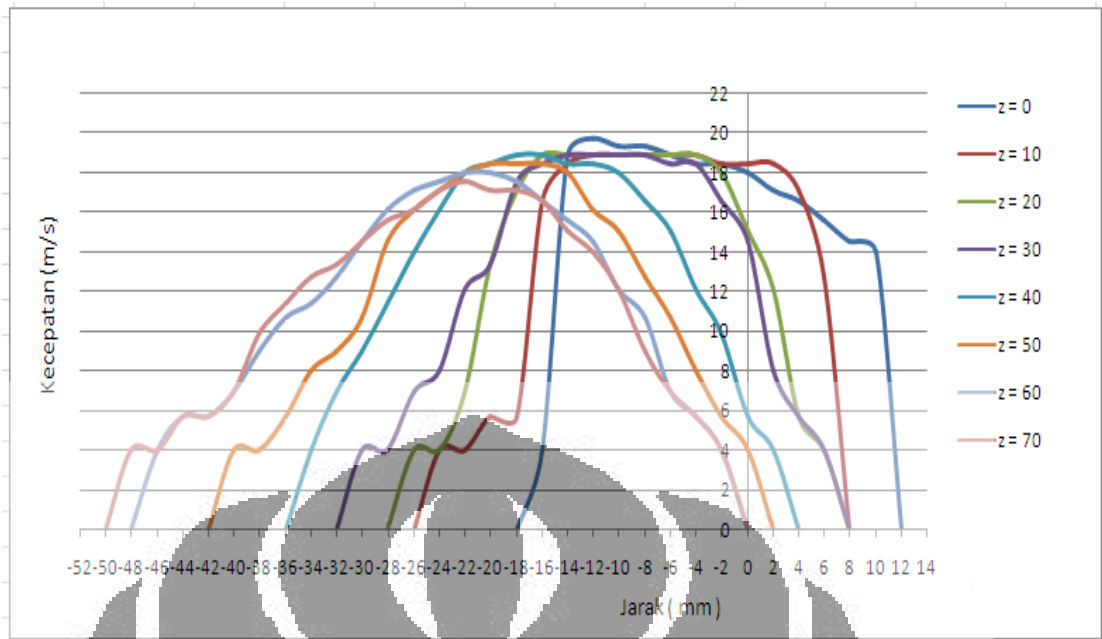


**Gambar 4. 4** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice 3* arah jam 8

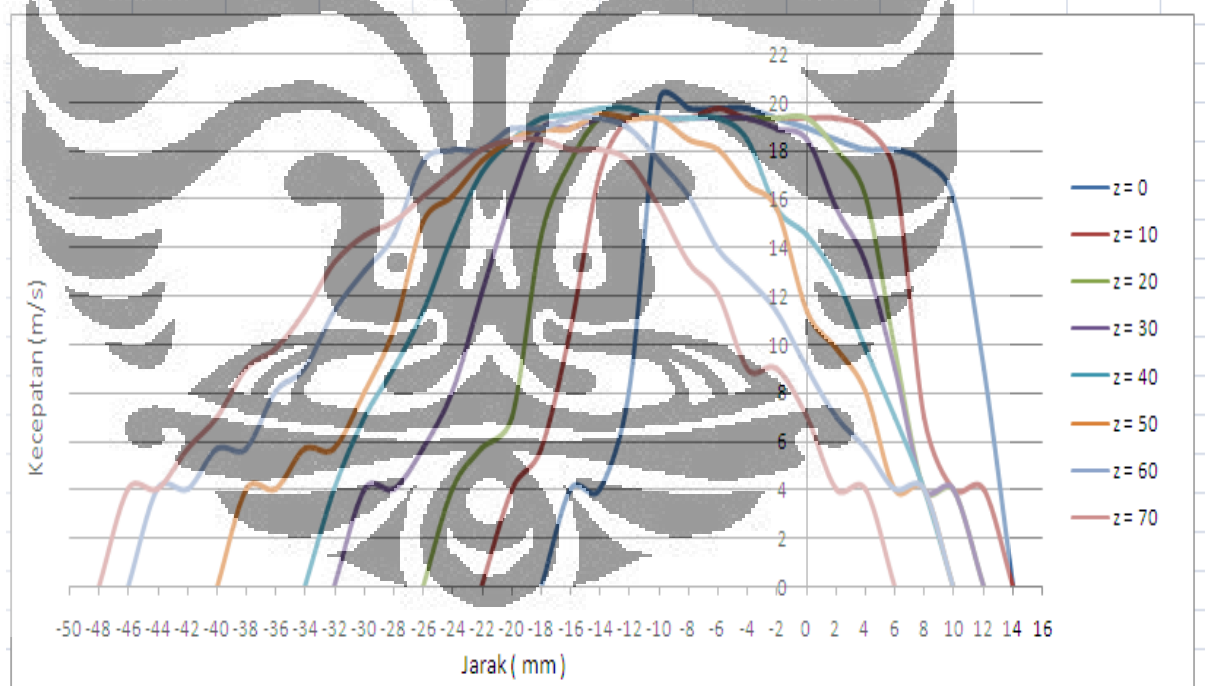


**Gambar 4. 5** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice 9* arah jam 4

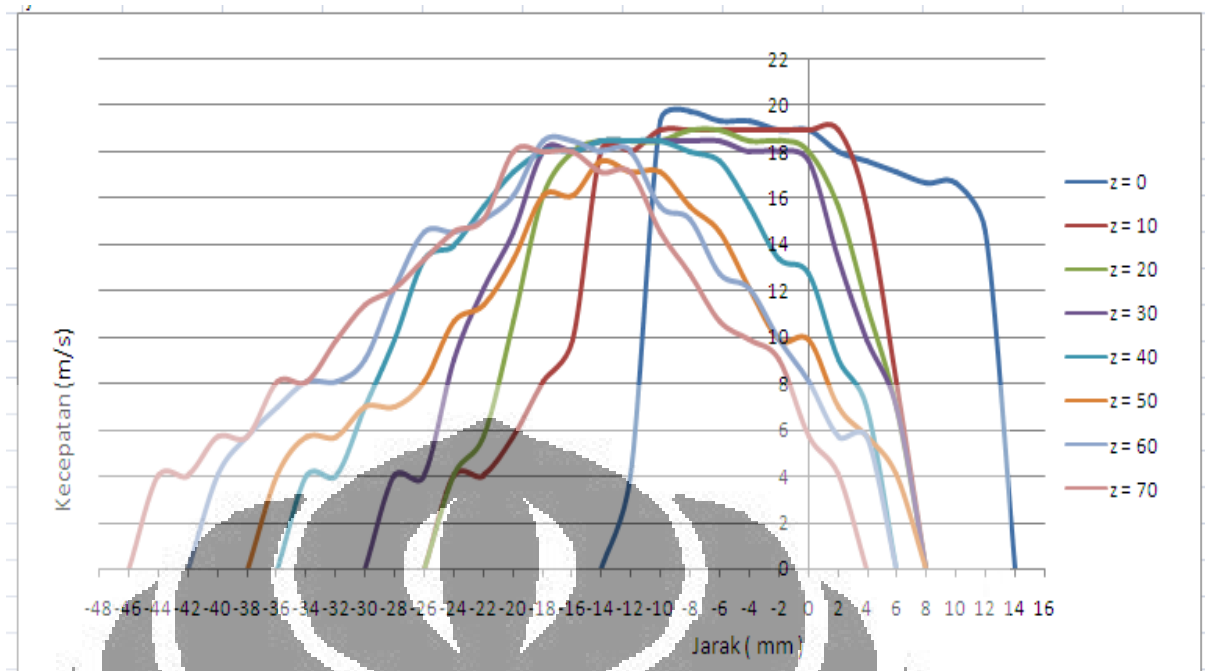




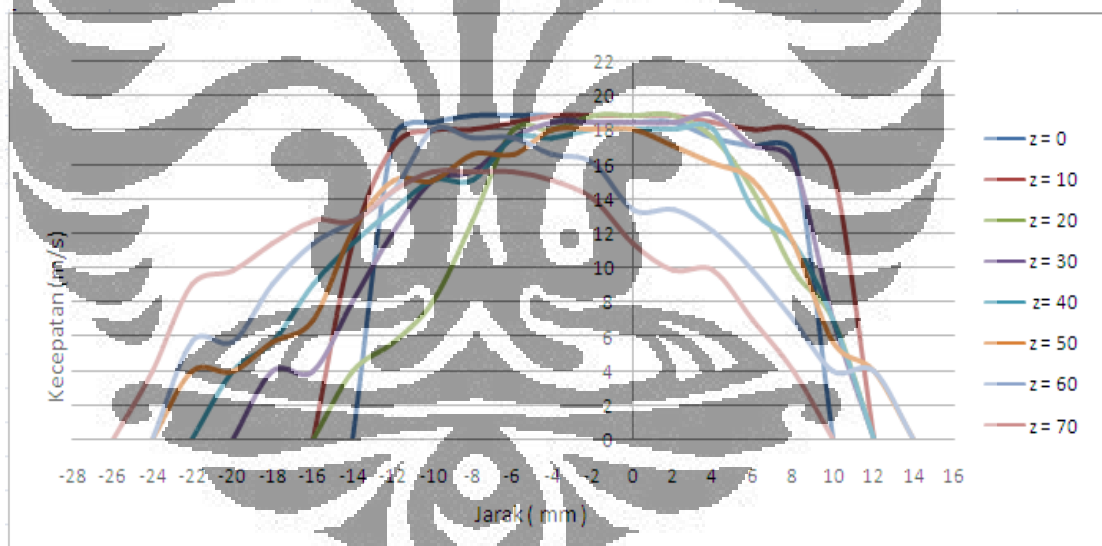
**Gambar 4. 6** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 9 arah jam 8



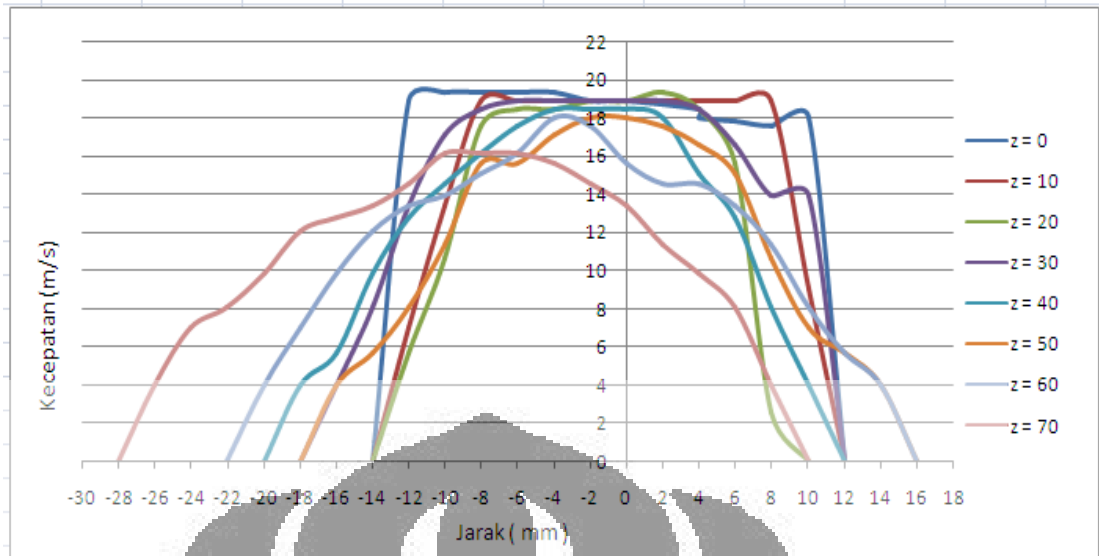
**Gambar 4. 7** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 16 arah jam 4



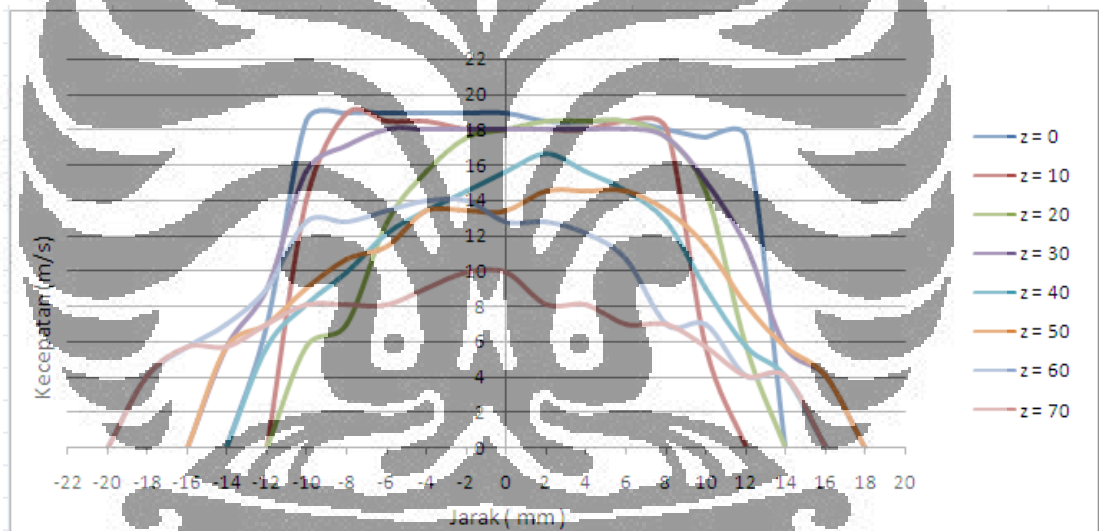
**Gambar 4. 8** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 16 arah jam 8



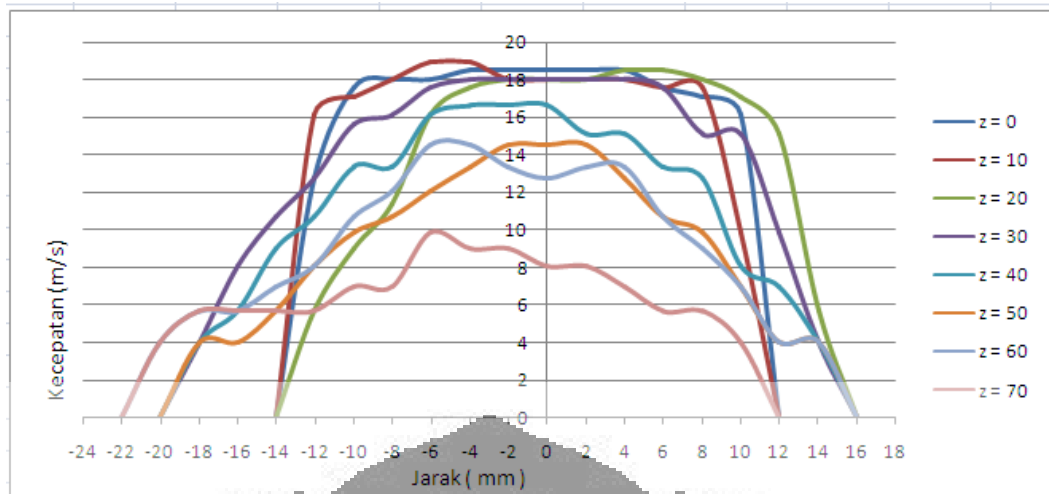
**Gambar 4. 9** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 23 arah jam 4



Gambar 4. 10 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada orifice 23 arah jam 8



Gambar 4. 11 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada orifice 30 arah jam 4



**Gambar 4. 12** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada *orifice* 30 arah jam 8

Pengukuran dilakukan dengan mendapatkan tekanan dinamik keluar *orifice*. Dengan menggunakan hubungan persamaan Bernouli, kecepatan udara dapat dihitung.

$$P_{\text{dinamik}} = P_{\text{stagnasi}} - P_{\text{statik}}$$

$$\frac{1}{2} \rho V^2 = \Delta P$$

$$V = \sqrt{\frac{(2 \cdot \Delta P)}{\rho}} \quad (4.1)$$

$P_{\text{dinamik}}$  = *Pressure differential* yang dibaca oleh *pressure transmitter* (Pa)

$P_{\text{stagnasi}}$  = Tekanan yang dibaca dari tap stagnasi *pitot tube* (Pa)

$P_{\text{statik}}$  = Tekanan yang dibaca dari tap statik (Pa)

$\rho$  = Densitas udara ( $1.23 \text{ kg/m}^3$ )

$V$  = Kecepatan udara keluar *orifice* (m/s)

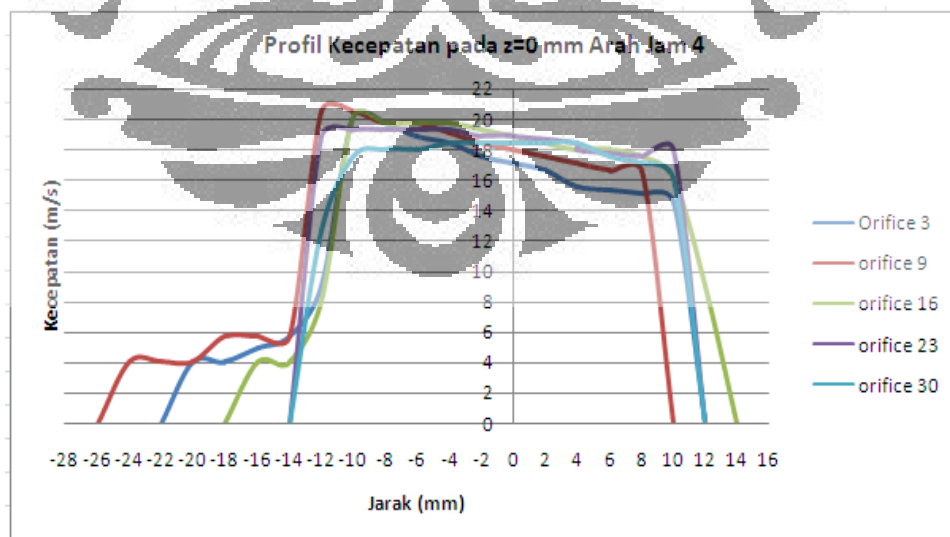
Dari hasil percobaan dapat dilihat pada grafik yang ada, pola aliran udara keluar dari *orifice textile ducting* memiliki kemiripan baik pada arah jam 4 maupun jam 8. Sumbu- y pada grafik menunjukkan nilai kecepatan keluar *orifice* sedangkan sumbu- x menyatakan pergeseran ke arah x- positif dan x- negatif di depan lubang *orifice*. Akan tetapi, pada arah jam 4 x- positif pergeseran mengarah ke arah *blower* sedangkan pada arah jam 8 x- positif pergeseran mengarah ke arah

ujung dari *textile duct*. Pola aliran udara keluar *orifice* yang terlihat pada grafik menunjukkan puncak kecepatan terjadi pada tengah semburan.

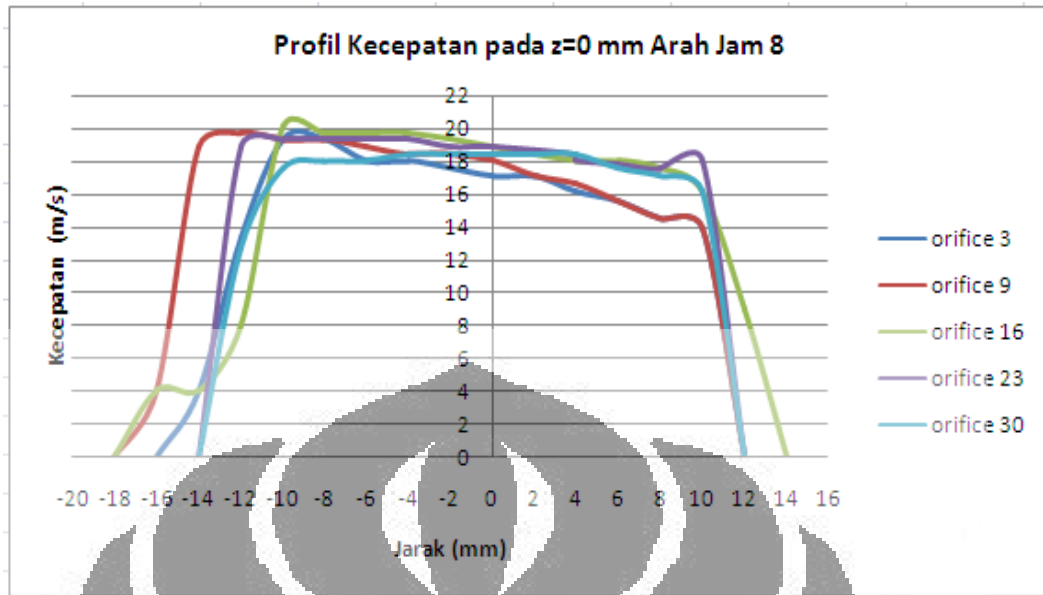
Arah semburan yang terlihat pada grafik pun berdasar dari setiap *orifice* bahwa setiap perpindahan sumbu-z mengalami kemencengan dari centerline cukup jauh. Hal ini terlihat pada *orifice* 3 hingga *orifice* 16, akan tetapi pada *orifice* 23 dan *orifice* 30 semburan tampak radial.

Gambar-gambar di atas pada sumbu-z = 0 mm menunjukkan adanya ketidakwajaran data yang terukur. Data yang terukur pada arah jam 4 maupun jam 8 pada sumbu-z = 0 mm di sumbu-x mengalami ketidakwajaran. Hal ini berupa, tekanan dinamik dari kecepatan aliran keluar *orifice* masih terukur walaupun sudah melewati tepi dari diameter *orifice*. Contohnya adalah pada gambar 4.3 *orifice* 3 arah jam 4 yang mana dapat dilihat bahwa sumbu-x negatif masih terukur di pressure transmitter pada jarak 20 mm padahal semestinya sudah tidak terbaca dikarenakan ujung *pitot tube* sudah terhalang kain dikarenakan jari-jari dari *orifice* hanya 12 mm. Hal ini dapat terjadi oleh tidak sempurnanya dari penempatan *pitot tube* pada *pitot tube* transverse apparatus sehingga ketika sudah menjauhi center dari *orifice*, *pitot tube* mengalami kemencengan sehingga tidak tepat berada di sumbu-z 0 mm.

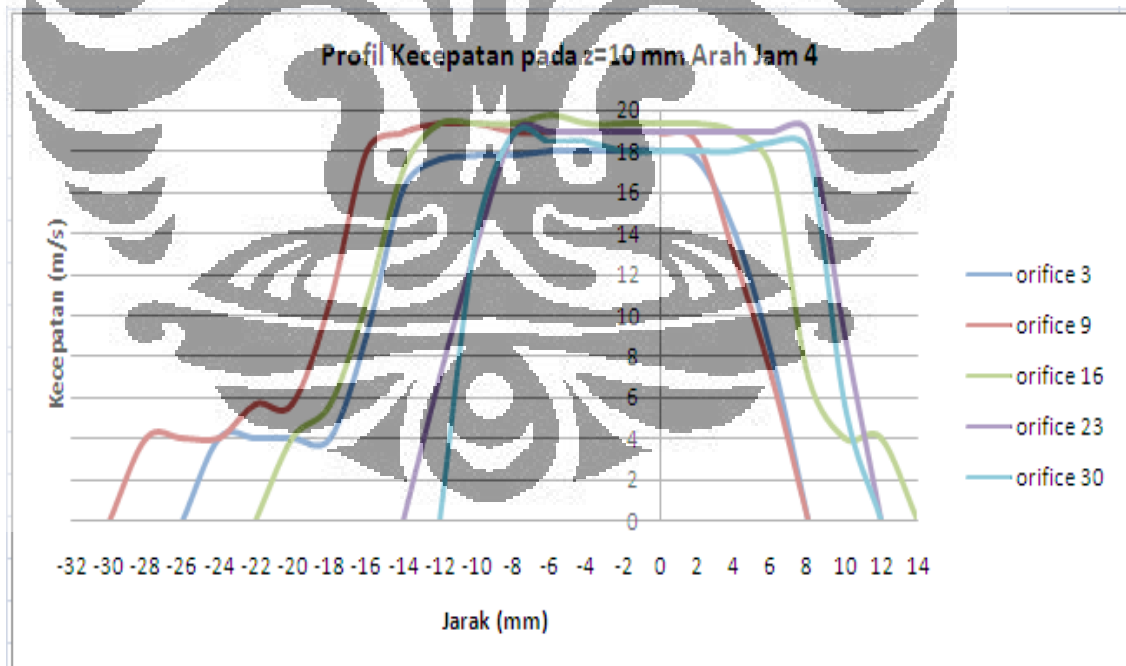
#### b. Pola aliran udara keluar *orifice* berdasar perpindahan sumbu-z



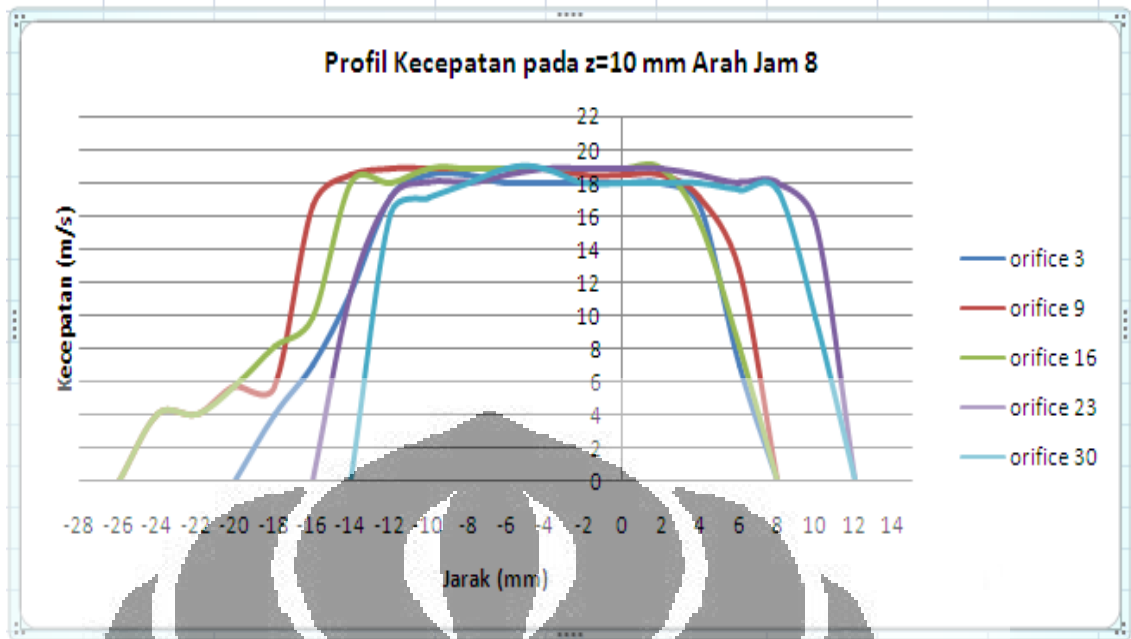
**Gambar 4. 13** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z = 0 mm arah jam 4



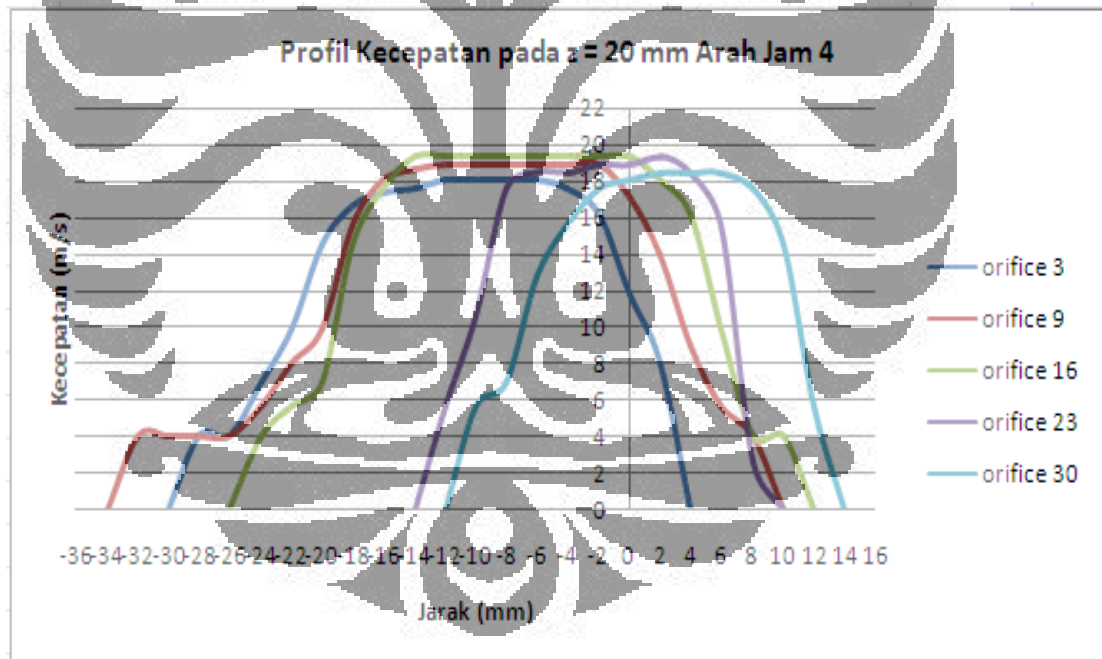
**Gambar 4. 14** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada  $z=0$  mm arah jam 8



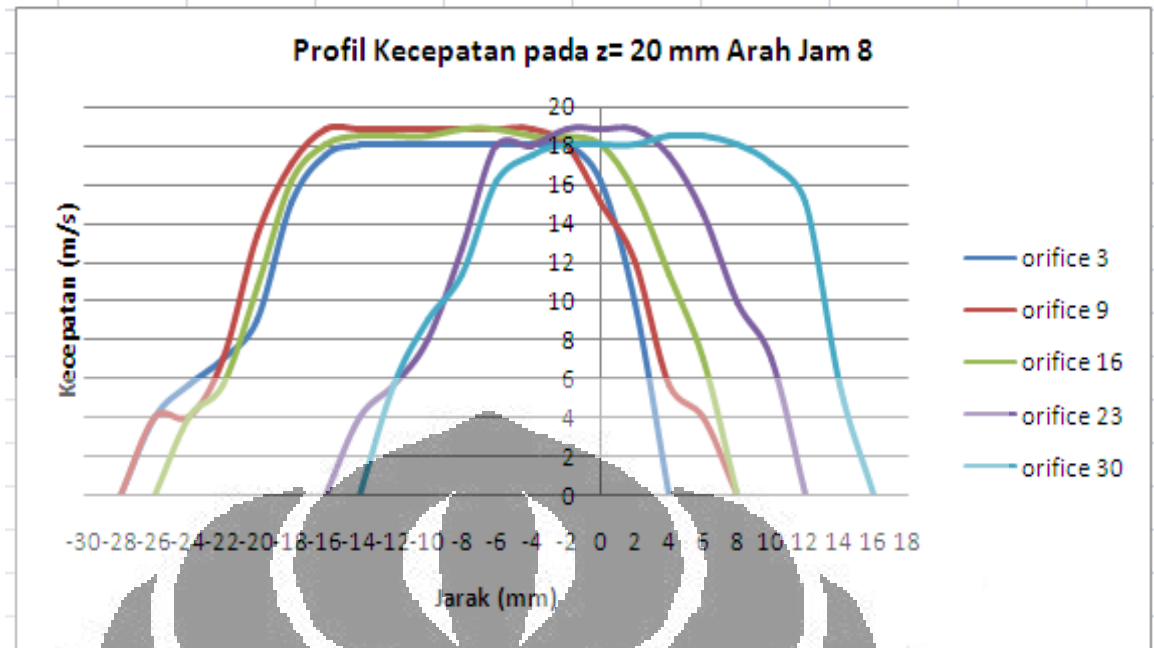
**Gambar 4. 15** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada  $z=10$  mm arah jam 4



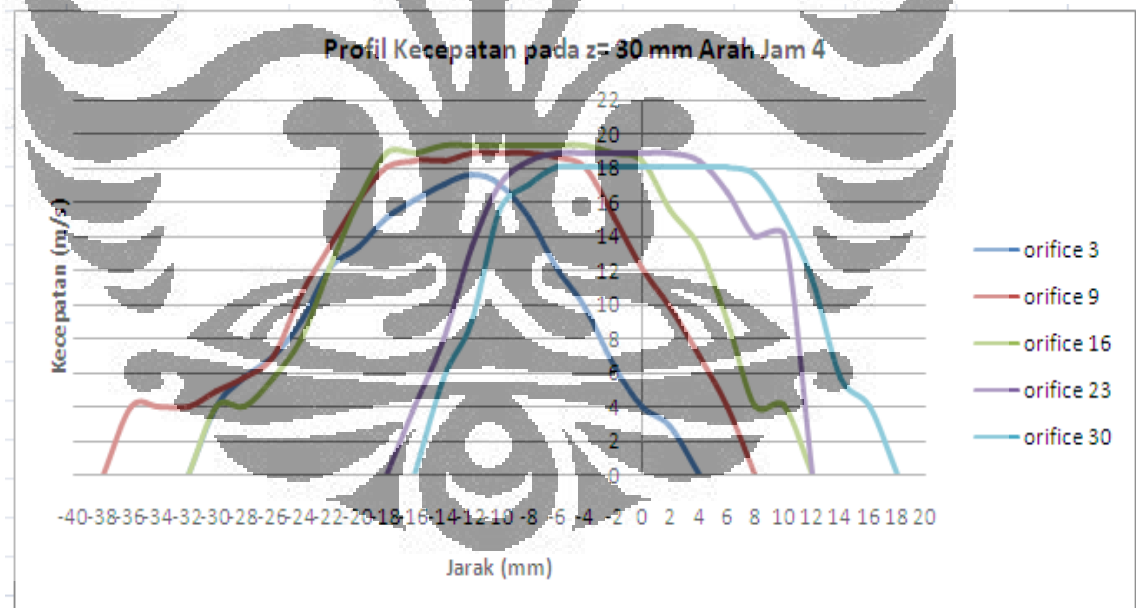
**Gambar 4. 16** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=10 mm arah jam 4



**Gambar 4. 17** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z= 20 mm arah jam 4

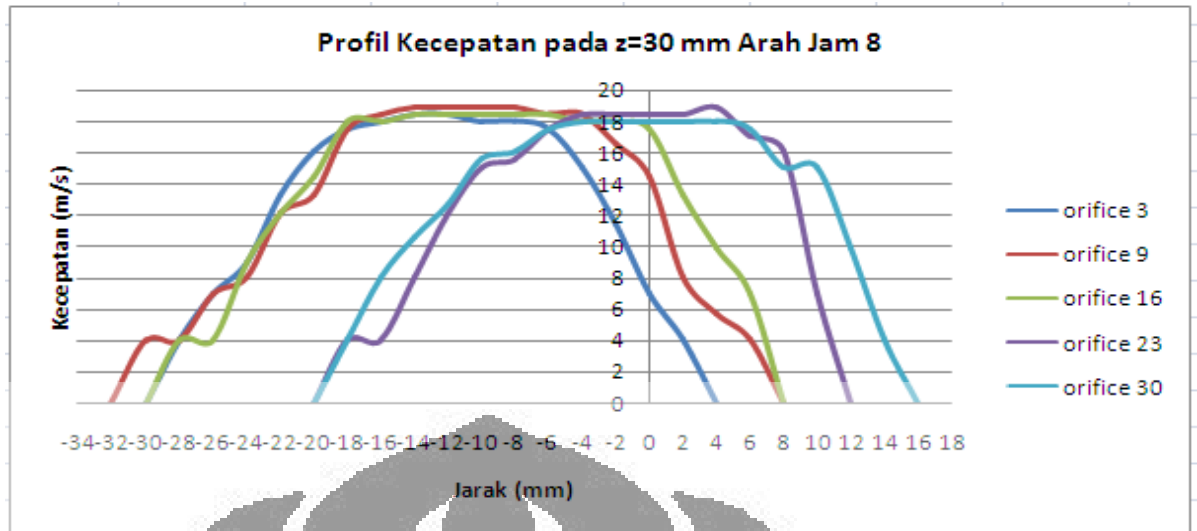


**Gambar 4. 18** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z= 20 mm arah jam 4

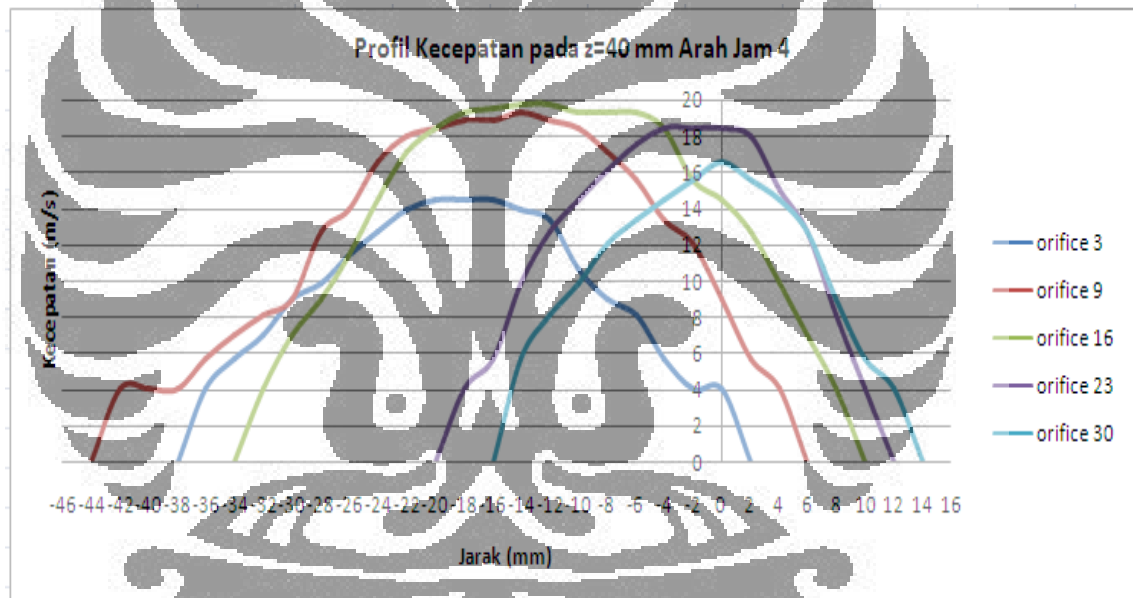


**Gambar 4. 19** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=30 mm arah jam 4

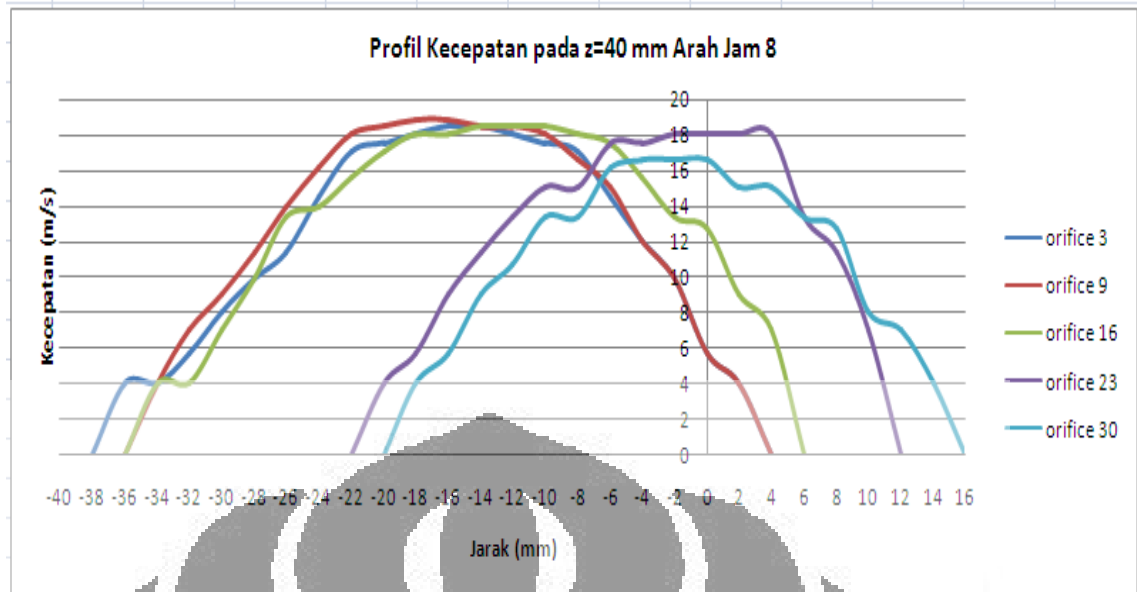




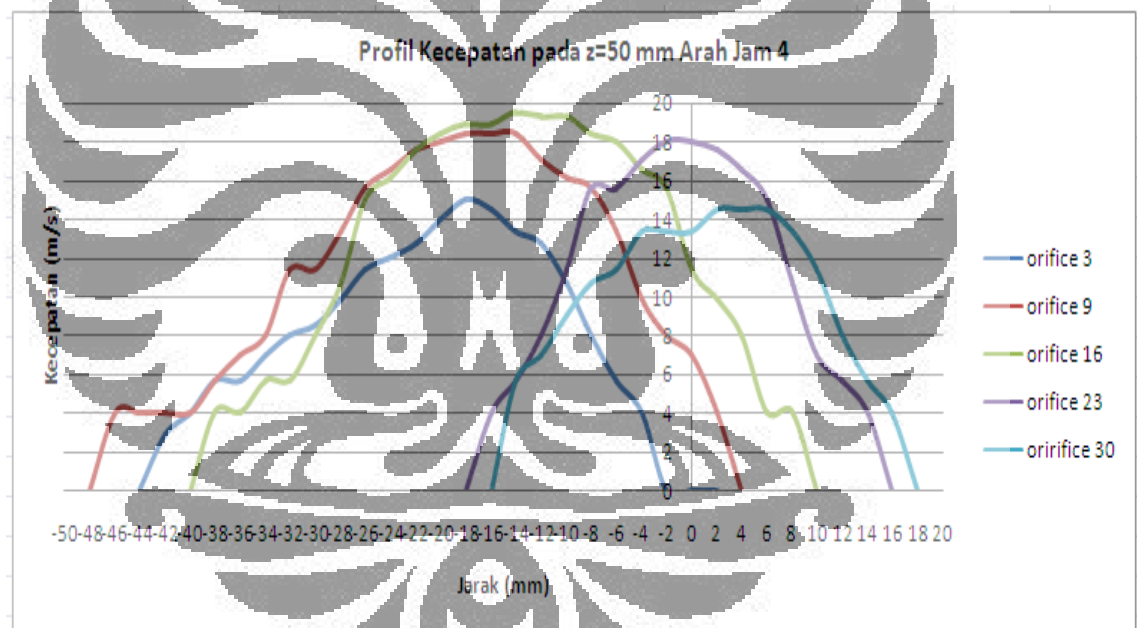
Gambar 4. 20 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=30 mm arah jam 8



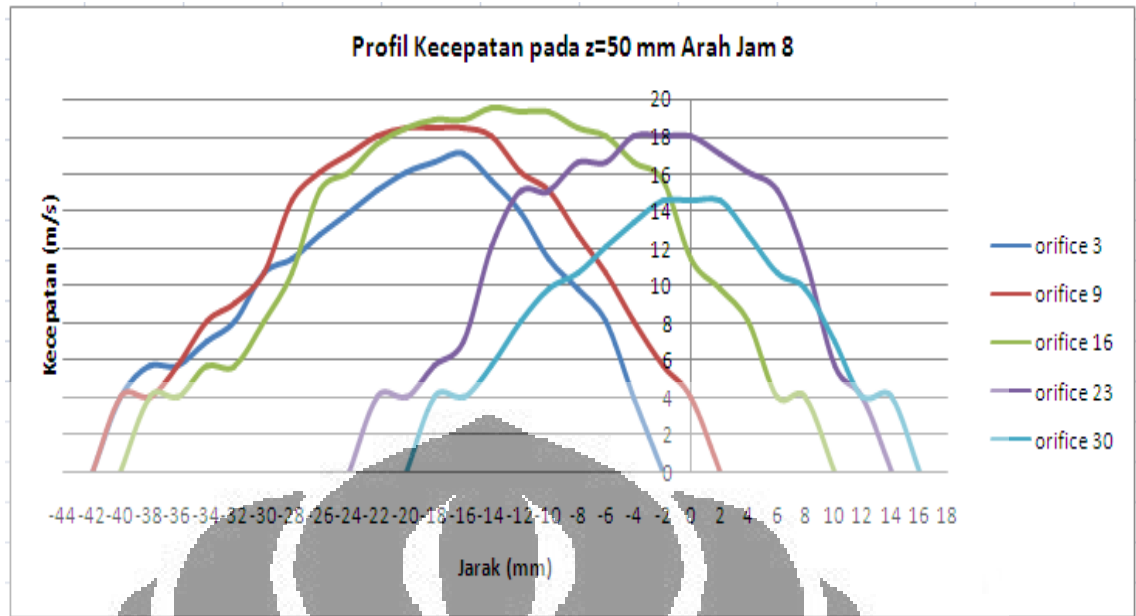
Gambar 4. 21 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=40 mm arah jam 4



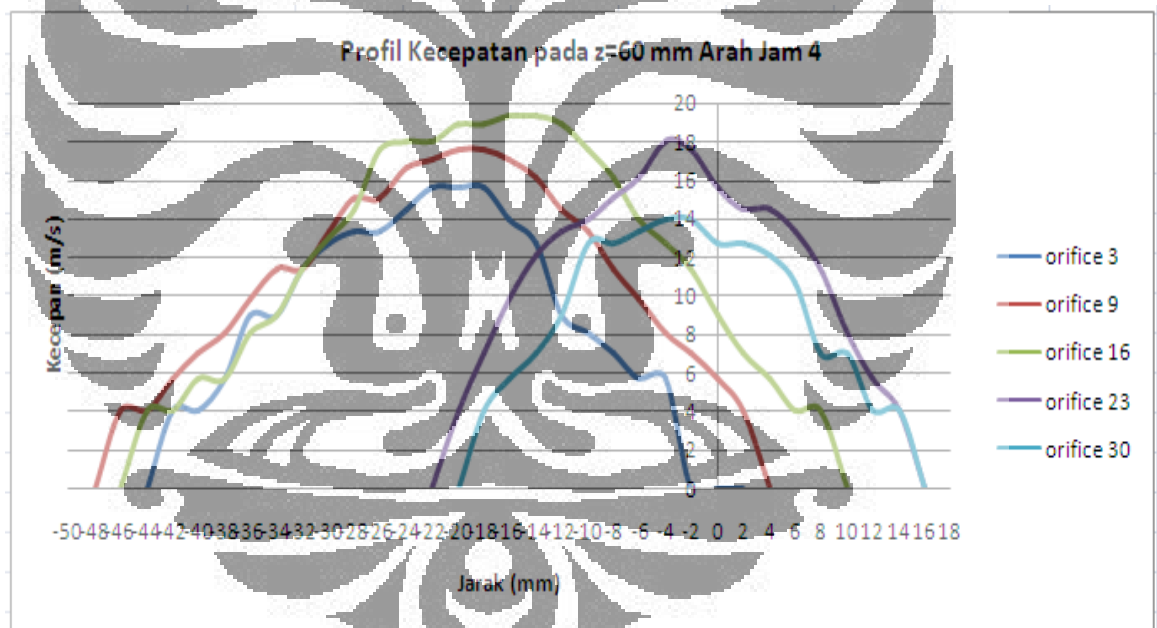
Gambar 4. 22 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada  $z=40$  mm arah jam 8



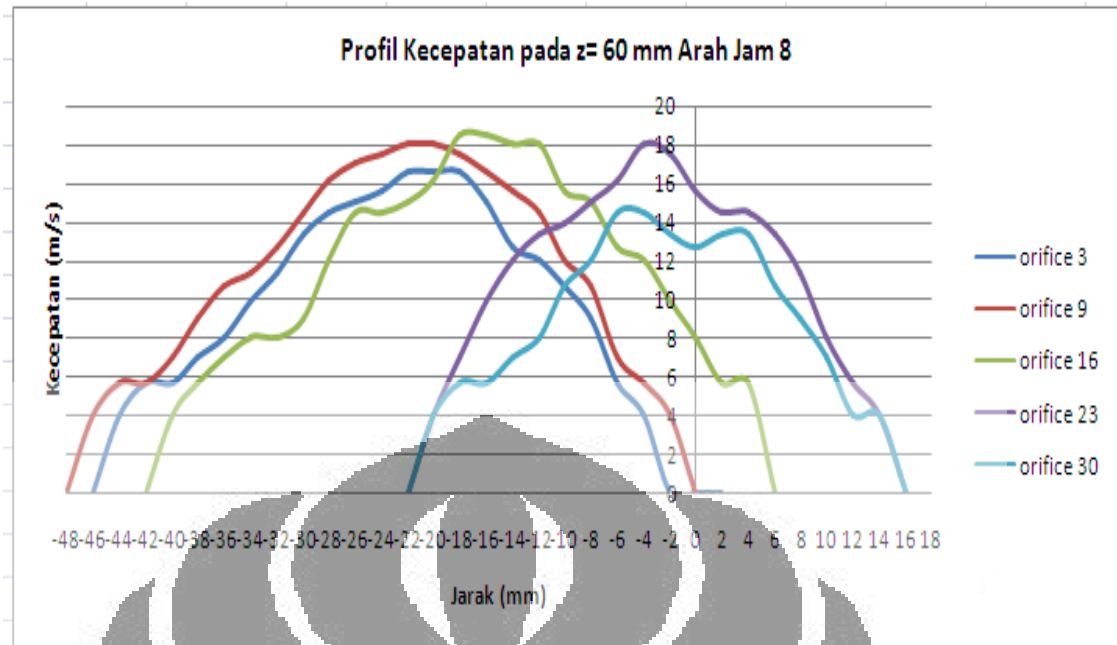
Gambar 4. 23 Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada  $z=50$  mm arah jam 4



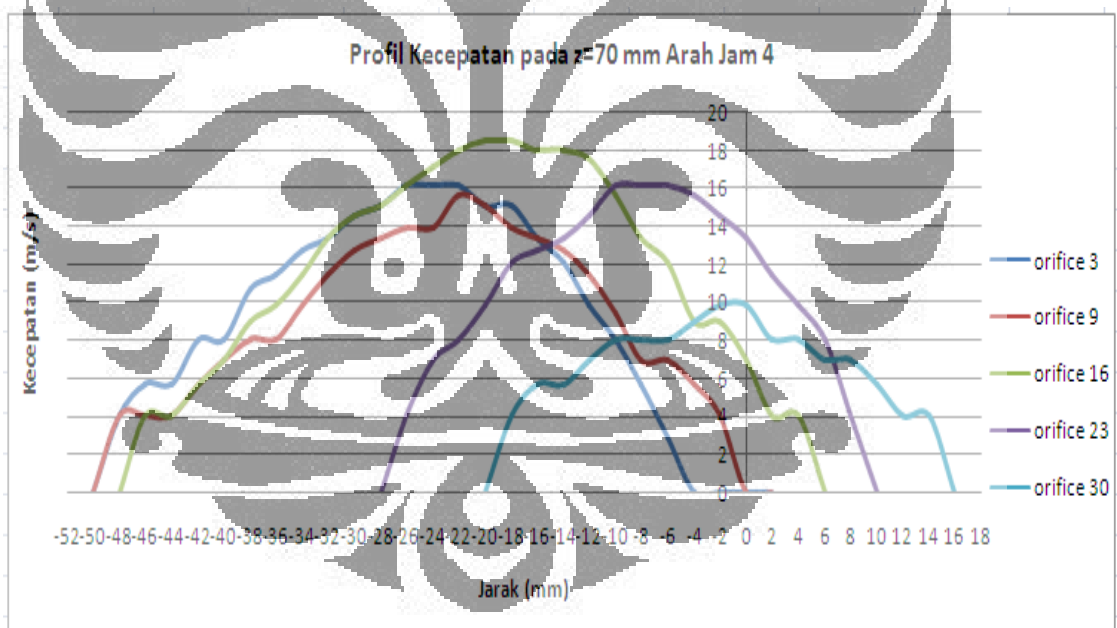
**Gambar 4. 24** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=50 mm arah jam 8



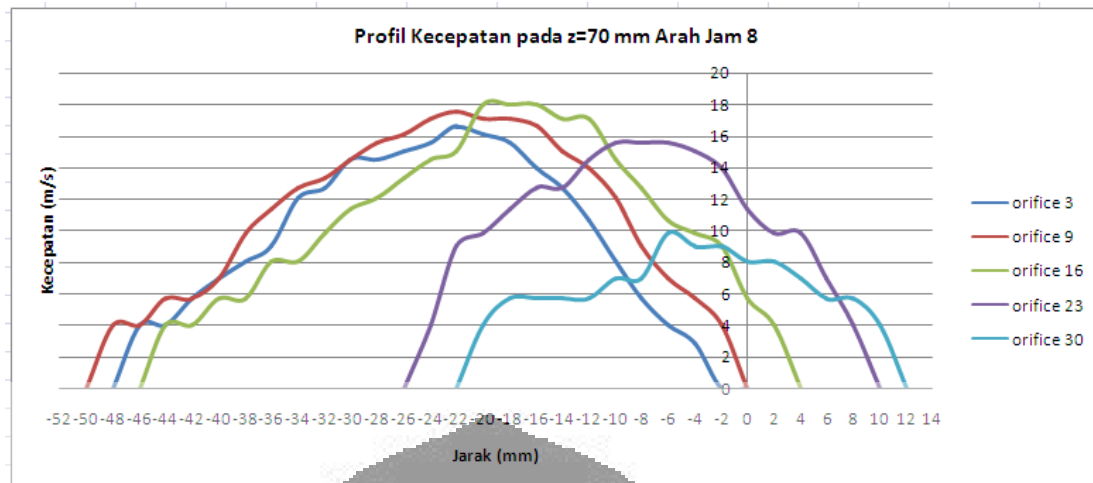
**Gambar 4. 25** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=60 mm arah jam 4



**Gambar 4. 26** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=60 mm arah jam 8



**Gambar 4. 27** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada z=70 mm arah jam 4



**Gambar 4.28.** Grafik profil kecepatan udara keluar *textile ducting* pada  $z=70$  mm arah jam 8

Berdasarkan hasil grafik di atas, dapat terlihat bahwa pola aliran pada kedudukan  $z$  yang sama memiliki keserupaan yang sama dalam arah semburan. Pada *orifice 3* hingga lubang *orifice 16*, arah semburan tidak radial terhadap pusat *orifice*. Sementara itu, pada lubang *orifice 23* tampak sudah mengalami perubahan arah semburan udara keluarannya menjadi tidak menceng lagi atau sudah menjadi radial terhadap centerline dari *orifice*. *Orifice 30* sangat tampak sekali arah aliran udara mengarah radial dikarenakan dekat dengan ujung dari *ducting* dikarenakan sudah menurun tekanan dan kecepatan aliran di dalam *ducting* tersebut.

Dari gambar 4.13 dan 4.14 yang menunjukkan pola aliran berdasar perpindahan sumbu- $z$  dapat terlihat dengan jelas sekali ketidakwajaran data yang terukur. Data yang tidak wajar berada di *orifice 3*, 16 dan 23 yang tekanan dinamiknnya masih terukur walaupun *pitot tube* sudah melewati tepi dari *orifice* yang diukur dan telah terhalang pula oleh *ducting*. Oleh karena itu, seharusnya tekanan dinamik sudah tidak terbaca karena *pitot tube* sudah terhalang oleh *ducting* diluar dari diameter *orifice*.

### 4.3 Sudut Kemiringan semburan

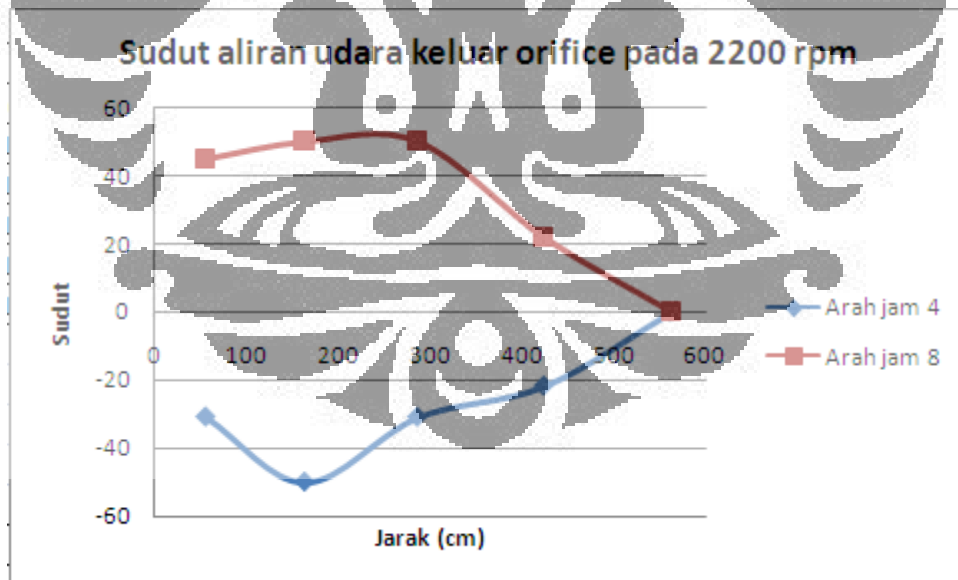
**Tabel 4.1** Puncak Kecepatan dan sudut tiap *orifice*

JAM 4				
<i>orifice</i>	arah x	arah z	v (m/s)	Sudut
3	-6	10	18.03	-30.9
9	-12	10	18.91	-50.1
16	-6	10	19.75	-30.96
23	-4	10	19.34	-21.8
30	0	10	18.03	0

**Tabel 4.2** Puncak Kecepatan dan sudut tiap *orifice*

JAM 8				
<i>orifice</i>	arah x	arah z	v (m/s)	Sudut
3	10	10	18.48	45
9	12	10	18.91	50.1
16	10	10	18.91	50.1
23	4	10	18.48	21.8
30	0	0	18.48	0

Tabel 4.1 dan 4.2 merupakan perhitungan dari sudut aliran keluar dengan cara melihat dari puncak kecepatan pada *orifice* tersebut.



**Gambar 4.29** Sudut aliran udara keluar *orifice* pada 2200 rpm

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.29 menunjukkan adanya perubahan sudut dari aliran udara keluar *orifice*. Sudut terbesar berada pada *orifice* 9 baik arah jam 4 maupun jam 8.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Tekanan statik sepanjang *ducting* mengalami penurunan yaitu *pressure drop* seiring semakin bertambahnya jarak dari *inlet ducting*.
2. Pola karakteristik udara keluar *orifice* menunjukkan adanya kemiripan pada tiap *nozzel* baik itu pada arah jam 4 maupun jam 8.
3. Arah semburan udara keluar *orifice textile ducting* pada *orifice* 1 sampai 16 tidak radial/tegak lurus dari *orifice*. Akan tetapi, *orifice* 16 ke atas arah semburannya menjadi mengarah radial.
4. Tekanan dinamik pada daerah pengukuran jarak ( $x$ ) yang jauh dari *inlet textile ducting* mengalami penurunan kecepatan karena gesekan dan penurunan kecepatan aliran dalam *ducting*.
5. Terjadi keanehan data yang terukur pada sumbu- $z$  0 mm dikarenakan tidak sempurnanya penempatan pitot tube ketika pengukuran sehingga terjadi ketidakwajaran data pada *orifice* 9, 16 dan 23.
6. Puncak sudut arah aliran terbesar berada di *orifice* 9 baik arah jam 4 maupun jam 8 sama-sama  $50.1^\circ$ .

#### 5.2. SARAN

1. Desain *Pitot tube Transverse Apparatus* harus dimodifikasi sedemikian rupa agar memudahkan pengukuran serta data yang didapat lebih valid.
2. Variasi data untuk mengetahui karakteristik dari *textile ducting* lokal dapat diperbanyak seperti dengan mencari karakteristik *textile ducting* yang berbeda diameter dengan *inlet duct* dari *Apparatus Flow Demonstration*.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, “Mekanika Fluida Jilid 1”, Erlangga, 2003.
- [2] Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, “Mekanika Fluida Jilid 2”, Erlangga, 2003.
- [3] Septiyanto R, Yudha. 2009. Profil Kecepatan Udara Keluar Orifice Textile ducting Berbahan Taslan pada 1500 FPM. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI
- [4] Irfan. 2009. Profil Kecepatan Udara Keluar Orifice Textile ducting Berbahan Taslan pada 2000 FPM. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI
- [5] Yunarto. 2009. Experimental Setup Peralatan Uji Aliran Udara untuk Textile Duct. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI
- [6] Ogawa Seiki Co., LTD. “Instruction Manual For Airflow Demonstration Apparatus
- [7] Ductsox, Fabric Air Dispersion Products. Engineering and Design Manual



## DAFTAR PUSTAKA

- Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, "Mekanika Fluida Jilid 1", Erlangga, 2003.
- Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, "Mekanika Fluida Jilid 2", Erlangga, 2003.
- Ductsox, Fabric Air Dispersion Products. Engineering and Design Manual
- Ogawa Seiki Co., LTD. "Instruction Manual For Airflow Demonstration Apparatus
- Stephen P. Kavanaugh, "HVAC Simplified  
<http://www.ke-fibertec.co.uk/>
- ASTM D 737 tentang *Air Permeability For Textile*
- Septiyanto R, Yudha. 2009. Profil Kecepatan Udara Keluar Orifice Textile ducting Berbahan Taslan pada 1500 FPM. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI
- Irfan. 2009. Profil Kecepatan Udara Keluar Orifice Textile ducting Berbahan Taslan pada 2000 FPM. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI
- Yunarto. 2009. Experimental Setup Peralatan Uji Aliran Udara untuk Textile Duct. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI

## LAMPIRAN

**Lampiran 1. Hasil data penurunan tekanan dari kecepatan blower 1900 rpm**

Percobaan	Jarak ( cm )								
	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	150	150	150	150	140	140	130	130	130
2	150	150	145	140	140	140	135	130	130
3	150	150	150	140	140	135	130	130	130
4	150	150	150	150	140	140	130	130	130
5	150	150	150	150	140	135	135	130	130
6	150	150	150	140	140	140	130	130	130
7	150	150	150	150	140	140	130	130	130
8	150	150	145	140	140	140	130	130	130
9	150	150	145	140	140	140	130	130	130
10	150	150	145	140	140	135	130	130	130
11	150	150	150	140	140	140	130	130	130
12	150	150	150	150	140	140	130	130	130
13	150	150	150	150	140	140	130	130	130
14	150	150	145	140	140	140	135	130	130
15	150	150	150	150	140	140	130	130	130
16	150	150	150	140	140	140	130	130	130
17	150	150	150	150	140	140	130	130	130
18	150	150	145	140	140	140	130	130	130
19	150	150	145	140	140	140	130	130	130
20	150	150	150	150	140	140	130	130	130
21	150	150	145	140	140	140	135	130	130
22	150	150	150	140	140	135	130	130	130
23	150	150	150	150	140	140	130	130	130
24	150	150	150	150	140	135	135	130	130
25	150	150	150	140	140	140	130	130	130
26	150	150	150	150	140	140	130	130	130
27	150	150	150	150	140	140	130	130	130
28	150	150	145	140	140	140	135	130	130
29	150	150	150	150	140	140	130	130	130
30	150	150	150	150	140	140	130	130	130
Average	150	150	149	145	140	139	131	130	130

**Lampiran 2. Hasil data penurunan tekanan dari kecepatan blower 1800 rpm**

Perocobaan	Jarak								
	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	130	130	130	120	120	120	115	110	110
2	130	130	130	120	120	120	115	110	110
3	130	130	125	120	120	120	115	110	110
4	130	130	125	120	120	120	110	110	110
5	130	130	130	120	120	120	110	110	110
6	130	130	130	120	120	120	110	110	110
7	130	130	130	120	120	120	115	110	110
8	130	130	125	120	120	120	110	110	110
9	130	130	130	120	120	120	115	110	110
10	130	130	130	120	120	120	115	110	110
11	130	130	130	120	120	120	115	110	110
12	130	130	130	120	120	120	115	110	110
13	130	130	130	120	120	120	115	110	110
14	130	130	125	120	120	120	110	110	110
15	130	130	130	120	120	120	115	110	110
16	130	130	130	120	120	120	110	110	110
17	130	130	130	120	120	120	115	110	110
18	130	130	125	120	120	120	115	110	110
19	130	130	125	120	120	120	115	110	110
20	130	130	125	120	120	120	110	110	110
21	130	130	130	120	120	120	110	110	110
22	130	130	130	120	120	120	110	110	110
23	130	130	125	120	120	120	110	110	110
24	130	130	130	120	120	120	115	110	110
25	130	130	125	120	120	120	115	110	110
26	130	130	125	120	120	120	110	110	110
27	130	130	130	120	120	120	110	110	110
28	130	130	130	120	120	120	110	110	110
29	130	130	130	120	120	120	110	110	110
30	130	130	125	120	120	120	115	110	110
average	130	130	128	120	120	120	113	110	110

**Lampiran 3. Hasil data penurunan tekanan dari kecepatan blower 2200 rpm**

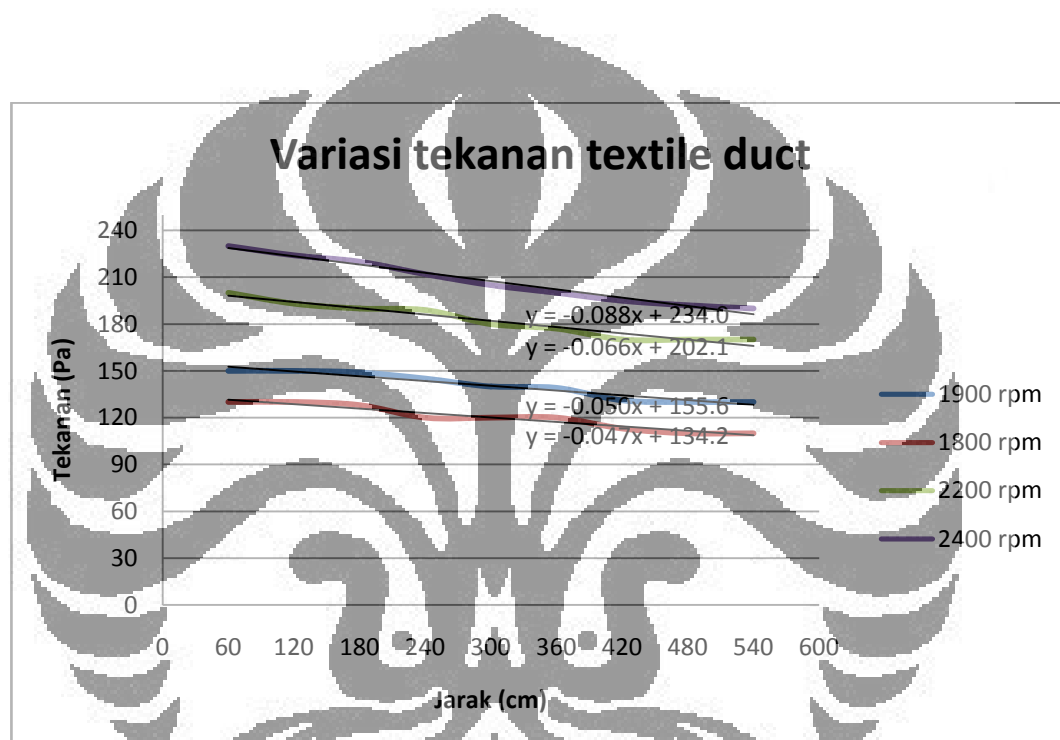
Percobaan	Jarak ( cm )								
	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	150	145	140	140	130	130	120	120	120
2	200	190	190	190	180	175	170	170	170
3	200	190	190	190	180	175	170	170	170
4	200	195	190	190	180	175	170	170	170
5	200	195	190	185	180	175	170	170	170
6	200	195	190	190	180	180	170	170	170
7	200	190	190	190	180	180	170	170	170
8	200	190	190	190	180	180	170	170	170
9	200	195	190	190	180	175	170	170	170
10	200	195	190	190	180	175	170	170	170
11	200	195	190	190	180	180	170	170	170
12	200	195	190	190	180	180	170	170	170
13	200	190	190	190	180	180	170	170	170
14	200	190	190	185	180	180	170	170	170
15	200	190	190	185	180	180	170	170	170
16	200	195	190	185	180	175	170	170	170
17	200	195	190	190	180	180	170	170	170
18	200	190	190	190	180	180	170	170	170
19	200	190	190	190	180	180	170	170	170
20	200	195	190	190	180	175	170	170	170
21	200	195	190	190	180	175	170	170	170
22	200	195	190	190	180	175	170	170	170
23	200	190	190	190	180	180	170	170	170
24	200	190	190	190	180	180	170	170	170
25	200	190	190	190	180	175	170	170	170
26	200	195	190	190	180	175	170	170	170
27	200	195	190	190	180	175	170	170	170
28	200	195	190	190	180	175	170	170	170
29	200	195	190	190	180	175	170	170	170
30	200	195	190	190	180	175	170	170	170
Average	198	191	188	188	178	176	168	168	168

**Lampiran 4. Hasil data penurunan tekanan dari kecepatan blower 2400 rpm**

	Jarak								
	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1	230	220	220	215	205	200	195	195	190
2	230	225	220	215	205	200	195	195	190
3	230	220	220	210	205	200	195	190	190
4	230	220	220	210	205	200	195	190	190
5	230	225	225	215	205	200	195	190	190
6	230	220	220	215	205	200	195	195	190
7	230	220	220	215	205	200	195	195	190
8	230	220	220	215	205	200	195	190	190
9	230	225	225	215	205	200	195	195	190
10	230	225	220	215	205	200	195	195	190
11	230	225	220	215	205	200	195	190	190
12	230	225	220	210	205	200	195	190	190
13	230	225	220	210	205	200	195	190	190
14	230	225	220	210	205	200	195	190	190
15	230	225	220	210	205	200	195	190	190
16	230	220	220	215	205	200	195	190	190
17	230	220	220	215	205	200	195	190	190
18	230	225	220	210	205	200	195	190	190
19	230	225	220	210	205	200	195	195	190
20	230	225	220	210	205	200	195	195	190
21	230	225	220	210	205	200	195	190	190
22	230	225	220	210	205	200	195	190	190
23	230	225	220	210	205	200	195	195	190
24	230	225	220	215	205	200	195	195	190
25	230	225	220	215	205	200	195	190	190
26	230	225	220	215	205	200	195	190	190
27	230	225	220	210	205	200	195	190	190
28	230	225	220	210	205	200	195	190	190
29	230	225	220	210	205	200	195	190	190
30	230	225	220	210	205	200	195	195	190
Mean	230	224	220	212	205	200	195	192	190

**Lampiran 5. Hasil data penurunan tekanan gabungan dari berbagai kecepatan blower**

	60	120	180	240	300	360	420	480	540
1900	150	150	149	145	140	139	131	130	130
1800	130	130	128	120	120	120	113	110	110
2200	200	193	190	189	180	177	170	170	170
2400	230	224	220	212	205	200	195	192	190



**Lampiran 6. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 3 arah jam 4**

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-22	0	0.00	-26	0	0.00	-30	0	0.00	-32	0	0.00
-20	10	4.03	-24	10	4.03	-28	10	4.03	-30	10	4.03
-18	10	4.03	-22	10	4.03	-26	10	4.03	-28	20	5.70
-16	15	4.94	-20	10	4.03	-24	30	6.98	-26	30	6.98
-14	20	5.70	-18	10	4.03	-22	60	9.88	-24	50	9.02
-12	50	9.02	-16	50	9.02	-20	130	14.54	-22	90	12.10
-10	250	20.16	-14	160	16.13	-18	170	16.63	-20	110	13.37
-8	240	19.75	-12	190	17.58	-16	185	17.34	-18	140	15.09
-6	220	18.91	-10	195	17.81	-14	190	17.58	-16	160	16.13
-4	210	18.48	-8	195	17.81	-12	200	18.03	-14	180	17.11
-2	190	17.58	-6	200	18.03	-10	200	18.03	-12	190	17.58
0	180	17.11	-4	200	18.03	-8	200	18.03	-10	180	17.11
2	170	16.63	-2	200	18.03	-6	200	18.03	-8	140	15.09
4	150	15.62	0	200	18.03	-4	190	17.58	-6	90	12.10
6	145	15.35	2	190	17.58	-2	160	16.13	-4	60	9.88
8	140	15.09	4	120	13.97	0	85	11.76	-2	25	6.38
10	130	14.54	6	40	8.06	2	40	8.06	0	10	4.03
12	0	0	8	0	0.00	4	0	0.00	2	5	2.85
									4	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-38	0	0.00	-44	0	0.00	-44	0	0.00	-50	0	0.00
-36	10	4.03	-42	5	2.85	-42	10	4.03	-48	10	4.03
-34	20	5.70	-40	10	4.03	-40	10	4.03	-46	20	5.70
-32	30	6.98	-38	20	5.70	-38	20	5.70	-44	20	5.70
-30	50	9.02	-36	20	5.70	-36	50	9.02	-42	40	8.06
-28	60	9.88	-34	30	6.98	-34	50	9.02	-40	40	8.06
-26	80	11.41	-32	40	8.06	-32	80	11.41	-38	70	10.67
-24	100	12.75	-30	45	8.55	-30	100	12.75	-36	80	11.41
-22	120	13.97	-28	60	9.88	-28	110	13.37	-34	100	12.75
-20	130	14.54	-26	80	11.41	-26	110	13.37	-32	110	13.37
-18	130	14.54	-24	90	12.10	-24	130	14.54	-30	130	14.54

-16	130	14.54	-22	100	12.75	-22	150	15.62	-28	140	15.09
-14	120	13.97	-20	120	13.97	-20	150	15.62	-26	160	16.13
-12	110	13.37	-18	140	15.09	-18	150	15.62	-24	160	16.13
-10	70	10.67	-16	130	14.54	-16	120	13.97	-22	160	16.13
-8	50	9.02	-14	110	13.37	-14	100	12.75	-20	140	15.09
-6	40	8.06	-12	100	12.75	-12	50	9.02	-18	140	15.09
-4	20	5.70	-10	70	10.67	-10	40	8.06	-16	110	13.37
-2	10	4.03	-8	40	8.06	-8	30	6.98	-14	90	12.10
0	10	4.03	-6	20	5.70	-6	20	5.70	-12	60	9.88
2	0	0.00	-4	10	4.03	-4	20	5.70	-10	40	8.06
			-2	0	0.00	-2	0	0.00	-8	20	5.70
			0	0	0.00	0	0	0.00	-6	5	2.85
									-4	0	0.00

Lampiran 7. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 3 arah jam 8

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-16	0	0.00	-20	0	0.00	-28	0	0.00	-30	0	0.00
-14	10	4.03	-18	10	4.03	-26	10	4.03	-28	10	4.03
-12	110	13.37	-16	30	6.98	-24	20	5.70	-26	30	6.98
-10	230	19.34	-14	80	11.41	-22	30	6.98	-24	50	9.02
-8	230	19.34	-12	180	17.11	-20	50	9.02	-22	110	13.37
-6	200	18.03	-10	210	18.48	-18	140	15.09	-20	160	16.13
-4	200	18.03	-8	210	18.48	-16	190	17.58	-18	190	17.58
-2	190	17.58	-6	200	18.03	-14	200	18.03	-16	200	18.03
0	180	17.11	-4	200	18.03	-12	200	18.03	-14	210	18.48
2	180	17.11	-2	200	18.03	-10	200	18.03	-12	210	18.48
4	160	16.13	0	200	18.03	-8	200	18.03	-10	200	18.03
6	150	15.62	-2	200	18.03	-6	200	18.03	-8	200	18.03
8	130	14.54	4	170	16.63	-4	200	18.03	-6	190	17.58
10	120	13.97	6	30	6.98	-2	200	18.03	-4	140	15.09
12	0	0	8	0	0.00	0	160	16.13	-2	80	11.41
			10	0	0.00	2	60	9.88	0	30	6.98
			12	0	0	4	0	0.00	2	10	4.03
									4	0	0.00



Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	-42	0	0.00	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-38	0	0.00	-40	10	4.03	-46	0	0.00	-48	0	0.00
-36	10	4.03	-38	20	5.70	-44	10	4.03	-46	10	4.03
-34	10	4.03	-36	20	5.70	-42	20	5.70	-44	10	4.03
-32	20	5.70	-34	30	6.98	-40	20	5.70	-42	20	5.70
-30	40	8.06	-32	40	8.06	-38	30	6.98	-40	30	6.98
-28	60	9.88	-30	70	10.67	-36	40	8.06	-38	40	8.06
-26	80	11.41	-28	80	11.41	-34	60	9.88	-36	50	9.02
-24	130	14.54	-26	100	12.75	-32	80	11.41	-34	90	12.10
-22	180	17.11	-24	120	13.97	-30	110	13.37	-32	100	12.75
-20	190	17.58	-22	140	15.09	-28	130	14.54	-30	130	14.54
-18	200	18.03	-20	160	16.13	-26	140	15.09	-28	130	14.54
-16	210	18.48	-18	170	16.63	-24	150	15.62	-26	140	15.09
-14	210	18.48	-16	180	17.11	-22	170	16.63	-24	150	15.62
-12	200	18.03	-14	150	15.62	-20	170	16.63	-22	170	16.63
-10	190	17.58	-12	120	13.97	-18	170	16.63	-20	160	16.13
-8	180	17.11	-10	80	11.41	-16	140	15.09	-18	150	15.62
-6	130	14.54	-8	60	9.88	-14	100	12.75	-16	120	13.97
-4	90	12.10	-6	40	8.06	-12	90	12.10	-14	100	12.75
-2	60	9.88	-4	10	4.03	-10	70	10.67	-12	70	10.67
0	20	5.70	-2	0	0.00	-8	50	9.02	-10	40	8.06
2	10	4.03	0	0	0.00	-6	20	5.70	-8	20	5.70
4	0	0.00	2	0	0.00	-4	10	4.03	-6	10	4.03
						-2	0	0.00	-4	5	2.85
						0	0	0.00	-2	0	0.00
						2	0	0.00	0	0	0.00

Lampiran 8. Hasil data tekanan dinamik pada *orifice* 9 arah jam 8

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-18		0.00	-26	0	0.00	-28	0	0.00
-16	10	4.03	-24	10	4.03	-26	10	4.03
-14	220	18.91	-22	10	4.03	-24	10	4.03
-12	240	19.75	-20	20	5.70	-22	30	6.98

-10	230	19.34	-18	20	5.70	-20	110	13.37
-8	230	19.34	-16	170	16.63	-18	180	17.11
-6	220	18.91	-14	210	18.48	-16	220	18.91
-4	210	18.48	-12	220	18.91	-14	220	18.91
-2	210	18.48	-10	220	18.91	-12	220	18.91
0	200	18.03	-8	220	18.91	-10	220	18.91
2	180	17.11	-6	220	18.91	-8	220	18.91
4	170	16.63	-4	220	18.91	-6	220	18.91
6	150	15.62	-2	210	18.48	-4	220	18.91
8	130	14.54	0	210	18.48	-2	200	18.03
10	120	13.97	2	210	18.48	0	140	15.09
12	0	0.00	4	180	17.11	2	90	12.10
			6	100	12.75	4	20	5.70
			8	0	0.00	6	10	4.03
						8	0	0.00
Zo=30 mm			Zo=40 mm			Zo=50 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-32	0	0.00	-36	0	0.00	-42	0	0.00
-30	10	4.03	-34	10	4.03	-40	10	4.03
-28	10	4.03	-32	30	6.98	-38	10	4.03
-26	30	6.98	-30	50	9.02	-36	20	5.70
-24	40	8.06	-28	80	11.41	-34	40	8.06
-22	90	12.10	-26	120	13.97	-32	50	9.02
-20	110	13.37	-24	160	16.13	-30	70	10.67
-18	190	17.58	-22	200	18.03	-28	130	14.54
-16	210	18.48	-20	210	18.48	-26	160	16.13
-14	220	18.91	-18	220	18.91	-24	180	17.11
-12	220	18.91	-16	220	18.91	-22	200	18.03
-10	220	18.91	-14	210	18.48	-20	210	18.48
-8	220	18.91	-12	210	18.48	-18	210	18.48
-6	210	18.48	-10	200	18.03	-16	210	18.48
-4	210	18.48	-8	170	16.63	-14	200	18.03
-2	170	16.63	-6	140	15.09	-12	160	16.13
0	130	14.54	-4	90	12.10	-10	140	15.09
2	40	8.06	-2	60	9.88	-8	100	12.75
4	20	5.70	0	20	5.70	-6	70	10.67
6	10	4.03	2	10	4.03	-4	40	8.06
8	0	0.00	4	0	0.00	-2	20	5.70
						0	10	4.03
						2	0	0.00

Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-48	0	0.00	-50	0	0.00
-46	10	4.03	-48	10	4.03
-44	20	5.70	-46	10	4.03
-42	20	5.70	-44	20	5.70
-40	30	6.98	-42	20	5.70
-38	50	9.02	-40	30	6.98
-36	70	10.67	-38	60	9.88
-34	80	11.41	-36	80	11.41
-32	100	12.75	-34	100	12.75
-30	130	14.54	-32	110	13.37
-28	160	16.13	-30	130	14.54
-26	180	17.11	-28	150	15.62
-24	190	17.58	-26	160	16.13
-22	200	18.03	-24	180	17.11
-20	200	18.03	-22	190	17.58
-18	190	17.58	-20	180	17.11
-16	170	16.63	-18	180	17.11
-14	150	15.62	-16	170	16.63
-12	130	14.54	-14	140	15.09
-10	90	12.10	-12	120	13.97
-8	70	10.67	-10	90	12.10
-6	30	6.98	-8	50	9.02
-4	20	5.70	-6	30	6.98
-2	10	4.03	-4	20	5.70
0	0	0.00	-2	10	4.03
			0	0	0.00

Lampiran 9. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 9 arah jam 4

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-26	0	0.00	-30	0	0.00	-34	0	0.00	-38	0	0.00
-24	10	4.03	-28	10	4.03	-32	10	4.03	-36	10	4.03
-22	10	4.03	-26	10	4.03	-30	10	4.03	-34	10	4.03
-20	10	4.03	-24	10	4.03	-28	10	4.03	-32	10	4.03
-18	20	5.70	-22	20	5.70	-26	10	4.03	-30	15	4.94
-16	20	5.70	-20	20	5.70	-24	20	5.70	-28	20	5.70

-14	20	5.70	-18	70	10.67	-22	40	8.06	-26	30	6.98
-12	260	20.56	-16	200	18.03	-20	60	9.88	-24	70	10.67
-10	260	20.56	-14	220	18.91	-18	150	15.62	-22	110	13.37
-8	240	19.75	-12	230	19.34	-16	200	18.03	-20	160	16.13
-6	240	19.75	-10	230	19.34	-14	215	18.70	-18	200	18.03
-4	225	19.13	-8	220	18.91	-12	220	18.91	-16	210	18.48
-2	210	18.48	-6	220	18.91	-10	220	18.91	-14	210	18.48
0	200	18.03	-4	220	18.91	-8	220	18.91	-12	220	18.91
2	190	17.58	-2	220	18.91	-6	220	18.91	-10	220	18.91
4	180	17.11	0	220	18.91	-4	220	18.91	-8	220	18.91
6	170	16.63	2	210	18.48	-2	220	18.91	-6	215	18.70
8	170	16.63	4	100	12.75	0	180	17.11	-4	200	18.03
10	0	0.00	6	30	6.98	2	120	13.97	-2	140	15.09
			8	0	0.00	4	50	9.02	0	90	12.10
						6	20	5.70	2	60	9.88
						8	10	4.03	4	30	6.98
						10	0	0.00	6	10	4.03
									8	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-44	0	0.00	-48	0	0.00	-48	0	0.00	-48	10	4.03
-42	10	4.03	-46	10	4.03	-46	10	4.03	-46	10	4.03
-40	10	4.03	-44	10	4.03	-44	10	4.03	-44	10	4.03
-38	10	4.03	-42	10	4.03	-42	20	5.70	-42	20	5.70
-36	20	5.70	-40	10	4.03	-40	30	6.98	-40	30	6.98
-34	30	6.98	-38	20	5.70	-38	40	8.06	-38	40	8.06
-32	40	8.06	-36	30	6.98	-36	60	9.88	-36	40	8.06
-30	50	9.02	-34	40	8.06	-34	80	11.41	-34	60	9.88
-28	100	12.75	-32	80	11.41	-32	80	11.41	-32	80	11.41
-26	120	13.97	-30	80	11.41	-30	110	13.37	-30	100	12.75
-24	170	16.63	-28	110	13.37	-28	140	15.09	-28	110	13.37
-22	200	18.03	-26	150	15.62	-26	140	15.09	-26	120	13.97
-20	210	18.48	-24	170	16.63	-24	170	16.63	-24	120	13.97
-18	220	18.91	-22	190	17.58	-22	180	17.11	-22	150	15.62
-16	220	18.91	-20	200	18.03	-20	190	17.58	-20	140	15.09
-14	230	19.34	-18	210	18.48	-18	190	17.58	-18	120	13.97
-12	220	18.91	-16	210	18.48	-16	180	17.11	-16	110	13.37
-10	210	18.48	-14	210	18.48	-14	160	16.13	-14	100	12.75
-8	180	17.11	-12	180	17.11	-12	130	14.54	-12	80	11.41
-6	150	15.62	-10	160	16.13	-10	110	13.37	-10	55	9.46
-4	110	13.37	-8	150	15.62	-8	80	11.41	-8	30	6.98
-2	90	12.10	-6	110	13.37	-6	60	9.88	-6	30	6.98

0	50	9.02	-4	60	9.88	-4	40	8.06	-4	20	5.70
2	20	5.70	-2	40	8.06	-2	30	6.98	-2	10	4.03
4	10	4.03	0	30	6.98	0	20	5.70	0	0	0.00
6	0	0.00	2	10	4.03	2	10	4.03	2	0	0.00
			4	0	0.00	4	0	0.00	4		0.00

#### Lampiran 10. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 16 arah jam 4

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-18	0	0.00	-22	0	0.00	-26	0	0.00	-32	0	0.00
-16	10	4.03	-20	10	4.03	-24	10	4.03	-30	10	4.03
-14	10	4.03	-18	20	5.70	-22	20	5.70	-28	10	4.03
-12	40	8.06	-16	70	10.67	-20	30	6.98	-26	20	5.70
-10	250	20.16	-14	180	17.11	-18	130	14.54	-24	40	8.06
-8	240	19.75	-12	230	19.34	-16	190	17.58	-22	90	12.10
-6	240	19.75	-10	230	19.34	-14	230	19.34	-20	160	16.13
-4	240	19.75	-8	230	19.34	-12	230	19.34	-18	220	18.91
-2	230	19.34	-6	240	19.75	-10	230	19.34	-16	220	18.91
0	220	18.91	-4	230	19.34	-8	230	19.34	-14	230	19.34
2	210	18.48	-2	230	19.34	-6	230	19.34	-12	230	19.34
4	200	18.03	0	230	19.34	-4	230	19.34	-10	230	19.34
6	200	18.03	2	230	19.34	-2	230	19.34	-8	230	19.34
8	190	17.58	4	220	18.91	0	230	19.34	-6	230	19.34
10	160	16.13	6	180	17.11	2	200	18.03	-4	230	19.34
12	50	9.02	8	30	6.98	4	160	16.13	-2	220	18.91
14	0	0	10	10	4.03	6	60	9.88	0	210	18.48
			12	10	4.03	8	10	4.03	2	150	15.62
			14	0	0	10	10	4.03	4	110	13.37
						12	0	0.00	6	50	9.02
									8	10	4.03
									10	10	4.03
									12	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-34	0	0.00	-40	0	0.00	-46	0	0.00	-48	0	0.00
-32	10	4.03	-38	10	4.03	-44	10	4.03	-46	10	4.03
-30	30	6.98	-36	10	4.03	-42	10	4.03	-44	10	4.03

-28	50	9.02	-34	20	5.70	-40	20	5.70	-42	20	5.70
-26	80	11.41	-32	20	5.70	-38	20	5.70	-40	30	6.98
-24	130	14.54	-30	40	8.06	-36	40	8.06	-38	50	9.02
-22	180	17.11	-28	70	10.67	-34	50	9.02	-36	60	9.88
-20	210	18.48	-26	140	15.09	-32	80	11.41	-34	80	11.41
-18	230	19.34	-24	160	16.13	-30	105	13.07	-32	110	13.37
-16	235	19.55	-22	190	17.58	-28	130	14.54	-30	130	14.54
-14	240	19.75	-20	210	18.48	-26	190	17.58	-28	140	15.09
-12	240	19.75	-18	220	18.91	-24	200	18.03	-26	160	16.13
-10	230	19.34	-16	220	18.91	-22	200	18.03	-24	180	17.11
-8	230	19.34	-14	235	19.55	-20	220	18.91	-22	200	18.03
-6	230	19.34	-12	230	19.34	-18	220	18.91	-20	210	18.48
-4	210	18.48	-10	230	19.34	-16	230	19.34	-18	210	18.48
-2	150	15.62	-8	210	18.48	-14	230	19.34	-16	200	18.03
0	130	14.54	-6	200	18.03	-12	220	18.91	-14	200	18.03
2	100	12.75	-4	170	16.63	-10	190	17.58	-12	190	17.58
4	60	9.88	-2	150	15.62	-8	160	16.13	-10	150	15.62
6	30	6.98	0	80	11.41	-6	120	13.97	-8	110	13.37
8	10	4.03	2	60	9.88	-4	100	12.75	-6	90	12.10
10	0	0.00	4	40	8.06	-2	80	11.41	-4	50	9.02
			6	10	4.03	0	50	9.02	-2	50	9.02
			8	10	4.03	2	30	6.98	0	30	6.98
			10	0	0.00	4	20	5.70	2	10	4.03
						6	10	4.03	4	10	4.03
						8	10	4.03	6	0	0.00
						10	0	0.00			

Lampiran 11. Hasil data tekanan dinamik pada *orifice* 16 arah jam 8

Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-14	0	0.00	-26	0	0.00	-26	0	0.00	-30	0	0.00
-12	10	4.03	-24	10	4.03	-24	10	4.03	-28	10	4.03
-10	230	19.34	-22	10	4.03	-22	20	5.70	-26	10	4.03
-8	240	19.75	-20	20	5.70	-20	70	10.67	-24	50	9.02
-6	230	19.34	-18	40	8.06	-18	160	16.13	-22	90	12.10
-4	230	19.34	-16	60	9.88	-16	200	18.03	-20	130	14.54
-2	220	18.91	-14	200	18.03	-14	210	18.48	-18	200	18.03
0	220	18.91	-12	200	18.03	-12	210	18.48	-16	200	18.03
2	200	18.03	-10	220	18.91	-10	210	18.48	-14	210	18.48
4	190	17.58	-8	220	18.91	-8	220	18.91	-12	210	18.48

6	180	17.11	-6	220	18.91	-6	220	18.91	-10	210	18.48
8	170	16.63	-4	220	18.91	-4	210	18.48	-8	210	18.48
10	170	16.63	-2	220	18.91	-2	210	18.48	-6	210	18.48
12	130	14.54	0	220	18.91	0	200	18.03	-4	200	18.03
14	0	0.00	2	220	18.91	2	150	15.62	-2	200	18.03
			4	150	15.62	4	80	11.41	0	190	17.58
			6	40	8.06	6	30	6.98	2	110	13.37
			8	0	0.00	8	0	0.00	4	60	9.88
									6	30	6.98
									8	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-36	0	0.00	-38	0	0.00	-42	0	0.00	-46	0	0.00
-34	10	4.03	-36	10	4.03	-40	10	4.03	-44	10	4.03
-32	10	4.03	-34	20	5.70	-38	20	5.70	-42	10	4.03
-30	30	6.98	-32	20	5.70	-36	30	6.98	-40	20	5.70
-28	60	9.88	-30	30	6.98	-34	40	8.06	-38	20	5.70
-26	110	13.37	-28	30	6.98	-32	40	8.06	-36	40	8.06
-24	120	13.97	-26	40	8.06	-30	50	9.02	-34	40	8.06
-22	150	15.62	-24	70	10.67	-28	90	12.10	-32	60	9.88
-20	180	17.11	-22	80	11.41	-26	130	14.54	-30	80	11.41
-18	200	18.03	-20	110	13.37	-24	130	14.54	-28	90	12.10
-16	200	18.03	-18	160	16.13	-22	140	15.09	-26	110	13.37
-14	210	18.48	-16	160	16.13	-20	160	16.13	-24	130	14.54
-12	210	18.48	-14	190	17.58	-18	210	18.48	-22	140	15.09
-10	210	18.48	-12	180	17.11	-16	210	18.48	-20	200	18.03
-8	200	18.03	-10	180	17.11	-14	200	18.03	-18	200	18.03
-6	190	17.58	-8	150	15.62	-12	200	18.03	-16	200	18.03
-4	150	15.62	-6	130	14.54	-10	150	15.62	-14	180	17.11
-2	110	13.37	-4	90	12.10	-8	140	15.09	-12	180	17.11
0	100	12.75	-2	60	9.88	-6	100	12.75	-10	130	14.54
2	50	9.02	0	60	9.88	-4	90	12.10	-8	100	12.75
4	30	6.98	2	30	6.98	-2	60	9.88	-6	70	10.67
6	0	0.00	4	20	5.70	0	40	8.06	-4	60	9.88
			6	10	4.03	2	20	5.70	-2	50	9.02
			8	0	0.00	4	20	5.70	0	20	5.70
						6	0	0.00	2	10	4.03
									4	0	0.00

Lampiran 12. Hasil data tekanan dinamik pada *orifice* 23 arah jam 4

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-14	0	0.00	-14	0	0.00	-14	0	0.00	-18	0	0.00
-12	220	18.91	-12	30	6.98	-12	20	5.70	-16	10	4.03
-10	230	19.34	-10	110	13.37	-10	70	10.67	-14	40	8.06
-8	230	19.34	-8	220	18.91	-8	190	17.58	-12	110	13.37
-6	230	19.34	-6	220	18.91	-6	210	18.48	-10	180	17.11
-4	230	19.34	-4	220	18.91	-4	210	18.48	-8	210	18.48
-2	220	18.91	-2	220	18.91	-2	220	18.91	-6	220	18.91
0	220	18.91	0	220	18.91	0	220	18.91	-4	220	18.91
4	210	18.48	2	220	18.91	2	230	19.34	-2	220	18.91
4	200	18.03	4	220	18.91	4	210	18.48	0	220	18.91
6	195	17.81	6	220	18.91	6	150	15.62	2	220	18.91
8	190	17.58	8	220	18.91	8	4	2.55	4	210	18.48
10	200	18.03	10	50	9.02	10	0	0.00	6	170	16.63
12	0	0.00	12	0	0.00	12		0.00	8	120	13.97
									10	120	13.97
									12	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-20	0	0.00	-18	0	0.00	-22	0	0.00	-28	0	0.00
-18	10	4.03	-16	10	4.03	-20	10	4.03	-26	10	4.03
-16	20	5.70	-14	20	5.70	-18	30	6.98	-24	30	6.98
-14	60	9.88	-12	40	8.06	-16	60	9.88	-22	40	8.06
-12	100	12.75	-10	80	11.41	-14	90	12.10	-20	60	9.88
-10	130	14.54	-8	150	15.62	-12	110	13.37	-18	90	12.10
-8	160	16.13	-6	150	15.62	-10	120	13.97	-16	100	12.75
-6	190	17.58	-4	180	17.11	-8	140	15.09	-14	110	13.37
-4	210	18.48	-2	200	18.03	-6	160	16.13	-12	130	14.54
-2	210	18.48	0	200	18.03	-4	200	18.03	-10	160	16.13



0	210	18.48	2	190	17.58	-2	190	17.58	-8	160	16.13
2	200	18.03	4	170	16.63	0	150	15.62	-6	160	16.13
4	140	15.09	6	140	15.09	2	130	14.54	-4	150	15.62
6	100	12.75	8	70	10.67	4	130	14.54	-2	130	14.54
8	40	8.06	10	30	6.98	6	110	13.37	0	110	13.37
10	10	4.03	12	20	5.70	8	80	11.41	2	80	11.41
12	0	0.00	14	10	4.03	10	40	8.06	4	60	9.88
			16	0	0.00	12	20	5.70	6	40	8.06
						14	10	4.03	8	10	4.03
						16	0	0.00	10	0	0.00

Lampiran 13. Hasil data tekanan dinamik pada *orifice23* arah jam 8

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-16	0	0.00	-16	0	0.00	-16	0	0.00	-20	0	0.00
-14	0	0.00	-14	80	11.41	-14	10	4.03	-18	10	4.03
-12	190	17.58	-12	180	17.11	-12	20	5.70	-16	10	4.03
-10	210	18.48	-10	200	18.03	-10	40	8.06	-14	40	8.06
-8	220	18.91	-8	200	18.03	-8	100	12.75	-12	90	12.10
-6	220	18.91	-6	210	18.48	-6	200	18.03	-10	140	15.09
-4	220	18.91	-4	220	18.91	-4	200	18.03	-8	150	15.62
-2	210	18.48	-2	220	18.91	-2	220	18.91	-6	190	17.58
0	210	18.48	0	220	18.91	0	220	18.91	-4	210	18.48
2	210	18.48	2	220	18.91	2	220	18.91	-2	210	18.48
4	190	17.58	4	210	18.48	4	190	17.58	0	210	18.48
6	180	17.11	6	200	18.03	6	130	14.54	2	210	18.48
8	170	16.63	8	200	18.03	8	60	9.88	4	220	18.91
10	0	0.00	10	150	15.62	10	30	6.98	6	180	17.11
12		0.00	12	0	0.00	12	0	0.00	8	160	16.13
									10	30	6.98
									12	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-22	0	0.00	-24	0	0.00	-24	0	0.00	-26	0	0.00
-20	10	4.03	-22	10	4.03	-22	20	5.70	-24	10	4.03
-18	20	5.70	-20	10	4.03	-20	20	5.70	-22	50	9.02
-16	50	9.02	-18	20	5.70	-18	50	9.02	-20	60	9.88
-14	80	11.41	-16	30	6.98	-16	80	11.41	-18	80	11.41
-12	110	13.37	-14	90	12.10	-14	100	12.75	-16	100	12.75
-10	140	15.09	-12	140	15.09	-12	130	14.54	-14	100	12.75
-8	140	15.09	-10	140	15.09	-10	200	18.03	-12	130	14.54
-6	190	17.58	-8	170	16.63	-8	190	17.58	-10	150	15.62
-4	190	17.58	-6	170	16.63	-6	190	17.58	-8	150	15.62
-2	200	18.03	-4	200	18.03	-4	170	16.63	-6	150	15.62
0	200	18.03	-2	200	18.03	-2	160	16.13	-4	140	15.09
2	200	18.03	0	200	18.03	0	110	13.37	-2	120	13.97
4	200	18.03	2	180	17.11	2	110	13.37	0	80	11.41
6	110	13.37	4	160	16.13	4	90	12.10	2	60	9.88
8	80	11.41	6	140	15.09	6	60	9.88	4	60	9.88
10	30	6.98	8	80	11.41	8	30	6.98	6	30	6.98
12	0	0.00	10	20	5.70	10	10	4.03	8	10	4.03
			12	10	4.03	12	10	4.03	10	0	0.00
			14	0	0.00	14	0	0.00			

Lampiran 14. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 30 arah jam 4

Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-14	0	0.00	-12	0	0.00	-12	0	0.00	-16	0	0.00
-12	30	6.98	-10	120	13.97	-10	20	5.70	-14	20	5.70
-10	210	18.48	-8	220	18.91	-8	30	6.98	-12	50	9.02
-8	220	18.91	-6	210	18.48	-6	100	12.75	-10	150	15.62
-6	220	18.91	-4	210	18.48	-4	150	15.62	-8	180	17.11
-4	220	18.91	-2	200	18.03	-2	190	17.58	-6	200	18.03
-2	220	18.91	0	200	18.03	0	200	18.03	-4	200	18.03
0	220	18.91	2	200	18.03	2	210	18.48	-2	200	18.03
2	210	18.48	4	200	18.03	4	210	18.48	0	200	18.03
4	210	18.48	6	210	18.48	6	210	18.48	2	200	18.03
6	210	18.48	8	200	18.03	8	190	17.58	4	200	18.03
8	200	18.03	10	20	5.70	10	130	14.54	6	200	18.03
10	190	17.58	12	0	0.00	12	20	5.70	8	190	17.58

12	190	17.58	14		0.00	14	0	0.00	10	140	15.09
14	0	0.00							12	80	11.41
									14	20	5.70
									16	10	4.03
									18	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-16	0	0.00	-16	0	0.00	-20	0	0.00	-20	0	0.00
-14	0	0.00	-14	20	5.70	-18	10	4.03	-18	10	4.03
-12	20	5.70	-12	30	6.98	-16	20	5.70	-16	20	5.70
-10	40	8.06	-10	50	9.02	-14	30	6.98	-14	20	5.70
-8	60	9.88	-8	70	10.67	-12	50	9.02	-12	30	6.98
-6	90	12.10	-6	80	11.41	-10	100	12.75	-10	40	8.06
-4	110	13.37	-4	110	13.37	-8	100	12.75	-8	40	8.06
-2	130	14.54	-2	110	13.37	-6	110	13.37	-6	40	8.06
0	150	15.62	0	110	13.37	-4	120	13.97	-4	50	9.02
2	170	16.63	2	130	14.54	-2	120	13.97	-2	60	9.88
4	150	15.62	4	130	14.54	0	100	12.75	0	60	9.88
6	130	14.54	6	130	14.54	2	100	12.75	2	40	8.06
8	100	12.75	8	110	13.37	4	90	12.10	4	40	8.06
10	50	9.02	10	80	11.41	6	70	10.67	6	30	6.98
12	20	5.70	12	40	8.06	8	30	6.98	8	30	6.98
14	10	4.03	14	20	5.70	10	30	6.98	10	20	5.70
16	0	0.00	16	10	4.03	12	10	4.03	12	10	4.03
18	0	0.00	18	0	0.00	14	10	4.03	14	10	4.03
						16	0	0.00	16	0	0.00

**Lampiran 15. Hasil data tekanan dinamik pada orifice 30 arah jam 8**

Zo=0 mm			Zo=10 mm			Zo=20 mm			Zo=30 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-14	0	0.00	-14	0	0.00	-14	0	0.00	-20	0	0.00
-12	100	12.75	-12	160	16.13	-12	20	5.70	-18	10	4.03
-10	190	17.58	-10	180	17.11	-10	50	9.02	-16	40	8.06
-8	200	18.03	-8	200	18.03	-8	80	11.41	-14	70	10.67
-6	200	18.03	-6	220	18.91	-6	160	16.13	-12	100	12.75
-4	210	18.48	-4	220	18.91	-4	190	17.58	-10	150	15.62
-2	210	18.48	-2	200	18.03	-2	200	18.03	-8	160	16.13
0	210	18.48	0	200	18.03	0	200	18.03	-6	190	17.58
2	210	18.48	2	200	18.03	2	200	18.03	-4	200	18.03
4	210	18.48	4	200	18.03	4	210	18.48	-2	200	18.03
6	190	17.58	6	190	17.58	6	210	18.48	0	200	18.03
8	180	17.11	8	190	17.58	8	200	18.03	2	200	18.03
10	160	16.13	10	60	9.88	10	180	17.11	4	200	18.03
12	0	0.00	12	0	0.00	12	140	15.09	6	190	17.58
						14	20	5.70	8	140	15.09
						16	0	0.00	10	140	15.09
									12	60	9.88
									14	10	4.03
									16	0	0.00

Zo=40 mm			Zo=50 mm			Zo=60 mm			Zo=70 mm		
Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)	Jarak (mm)	$\Delta P$ (Pa)	V (m/s)
-20	0	0.00	-22	0	0.00	-22	0	0.00	-22	0	0.00
-18	10	4.03	-20	0	0.00	-20	10	4.03	-20	10	4.03
-16	20	5.70	-18	10	4.03	-18	20	5.70	-18	20	5.70
-14	50	9.02	-16	10	4.03	-16	20	5.70	-16	20	5.70
-12	70	10.67	-14	20	5.70	-14	30	6.98	-14	20	5.70
-10	110	13.37	-12	40	8.06	-12	40	8.06	-12	20	5.70
-8	110	13.37	-10	60	9.88	-10	70	10.67	-10	30	6.98
-6	160	16.13	-8	70	10.67	-8	90	12.10	-8	30	6.98
-4	170	16.63	-6	90	12.10	-6	130	14.54	-6	60	9.88
-2	170	16.63	-4	110	13.37	-4	130	14.54	-4	50	9.02
0	170	16.63	-2	130	14.54	-2	110	13.37	-2	50	9.02
2	140	15.09	0	130	14.54	0	100	12.75	0	40	8.06

4	140	15.09	2	130	14.54	2	110	13.37	2	40	8.06
6	110	13.37	4	100	12.75	4	110	13.37	4	30	6.98
8	100	12.75	6	70	10.67	6	70	10.67	6	20	5.70
10	40	8.06	8	60	9.88	8	50	9.02	8	20	5.70
12	30	6.98	10	30	6.98	10	30	6.98	10	10	4.03
14	10	4.03	12	10	4.03	12	10	4.03	12	0	0.00
16	0	0.00	14	10	4.03	14	10	4.03	14		0.00

