



UNIVERSITAS INDONESIA

**PROFIL KECEPATAN UDARA KELUAR *ORIFICE*
TEXTILE DUCTING BERBAHAN TASLAN
PADA 1500 FPM**

SKRIPSI

**YUDA SEPTIYANTO. R
0405020693**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PROFIL KECEPATAN UDARA KELUAR *ORIFICE*
TEXTILE DUCTING BERBAHAN TASLAN
PADA 1500 FPM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

YUDA SEPTIYANTO. R

0405020693

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

DEPOK

JULI 2009

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Yuda Septiyanto, R

NPM : 0405020693

Tanda Tangan : 

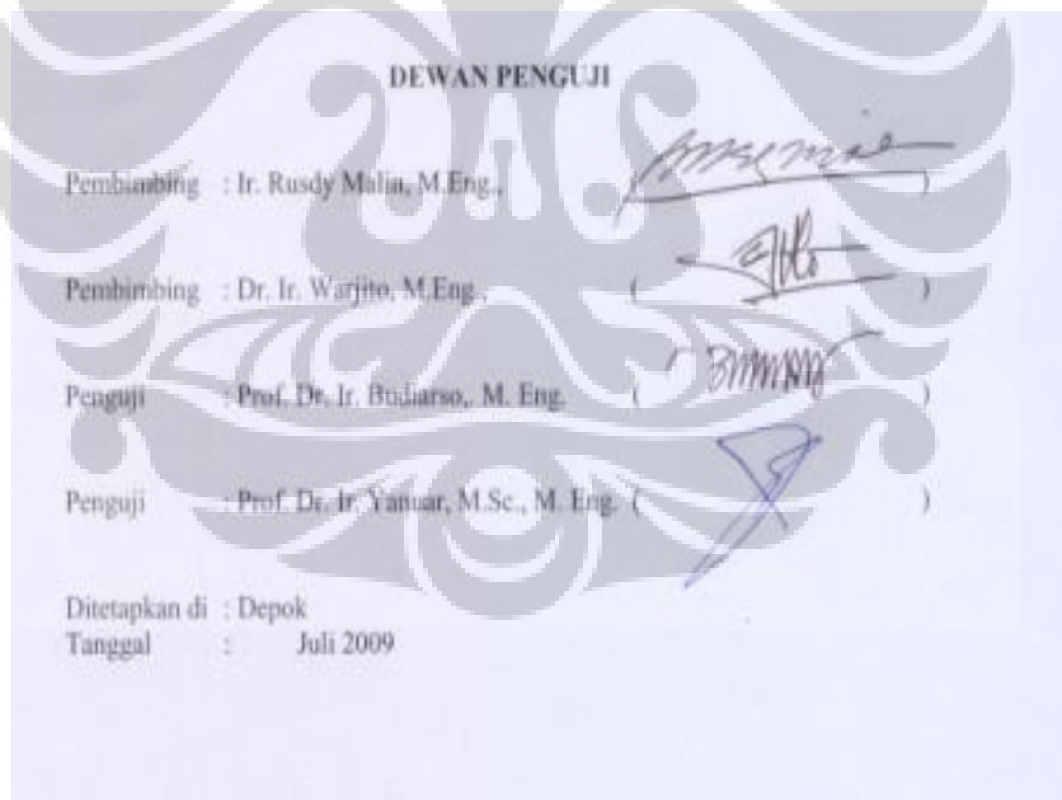
Tanggal : 2 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yuda Septiyanto. R
NPM : 0405020693
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Profil Kecepatan Udara Keluar *Orifice Textile Ducting* Berbahan Taslan pada Kecepatan 1500 FPM

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

DEWAN PENGUJI



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karuniaNya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dan menyusun hasilnya dalam sebuah buku. Skripsi ini disusun untuk “menuangkan” sejauh mana ilmu pengetahuan dan pengalaman yang saya peroleh selama menuntut ilmu di bangku perkuliahan. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian tentang *textile ducting* **berbahan taslan** yang dikerjakan dalam tiga kelompok (eksperimental set- up, perhitungan *friction loss*, dan profil kecepatan udara keluar orifis). Selain itu, skripsi ini juga merupakan syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam setiap usaha seseorang tentunya tiada hasil maksimal yang dapat dicapai seseorang atas usahanya sendiri, kecuali atas kerjasama dan bantuan orang sekitarnya. Untuk itulah saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi dan penyelesaian buku ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Pihak Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, khususnya kepala laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Bahan lain (RPKA), Prof. Ir Nasikin, MEng dan petugas laboratorium, Bapak Jajat yang telah banyak membantu dalam usaha untuk melakukan pengujian dan memperoleh data permeabilitas udara bahan textile;
- 2) Ir. Rusdy Malin, M.Eng., Dr. Ir. Budiardjo, Dipl.Ing., dan DR. Ir. Warjito, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyelesaian dan penyusunan skripsi ini;
- 3) Pihak Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, khususnya kepala laboratorium Mekanika Fluida, DR. Ir. Warjito, M.Eng dan petugas laboratorium, Bapak Udiyono yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;

- 4) DR. Ir. Warjito, M.Eng selaku dosen pembimbing akademis yang memberikan motivasi dan saran- saran dalam perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini;
- 5) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- 6) Pihak- pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu dalam buku skripsi ini.

Terima kasih khusus kepada orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral serta doa- doa yang dipanjatkan dalam setiap shalatnya.

Akhir kata, saya berharap ALLAH SWT membalas dengan surga yang mengalir sungai- sungai di bawahnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Depok, Juli 2009

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Yuda Septiyanto. R

NPM : 0405020693

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 :

Profil Kecepatan Udara Keluar *Orifice Textile Ducting*
Berbahan Taslan pada 1500 FPM

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 mempublikasikan 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 : Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik UI

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan

(Yuda Septiyanto. R)

Abstrak

Nama : Yuda Septiyanto. R
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Profil Kecepatan Udara Keluar *Orifice Textile Ducting* Berbahan Taslan pada 1500 FPM.

Penelitian profil kecepatan udara keluar orifis *textile ducting* berbahan taslan telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pola udara keluar dari lubang orifis. Penelitian dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan taslan untuk penggunaan *ducting*. Penelitian dilakukan dengan metode pengukuran aliran udara menggunakan *Pitot Tube Transverse Apparatus*, *pitot tube*, dan manometer miring. Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran tekanan dinamik menggunakan *pitot tube*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kecepatan udara keluar orifis sebagai aliran jet. Puncak kecepatan terjadi pada pusat jet. Pada jarak $(x) < 543,75$ cm (dari *inlet textile*), arah semburan udara tidak radial terhadap pusat orifis. Sementara itu pada jarak $(x) \geq 543,75$ cm, arah semburan cenderung radial. Hal itu terjadi karena pada jarak tersebut kecepatan udara menurun karena gesekan.

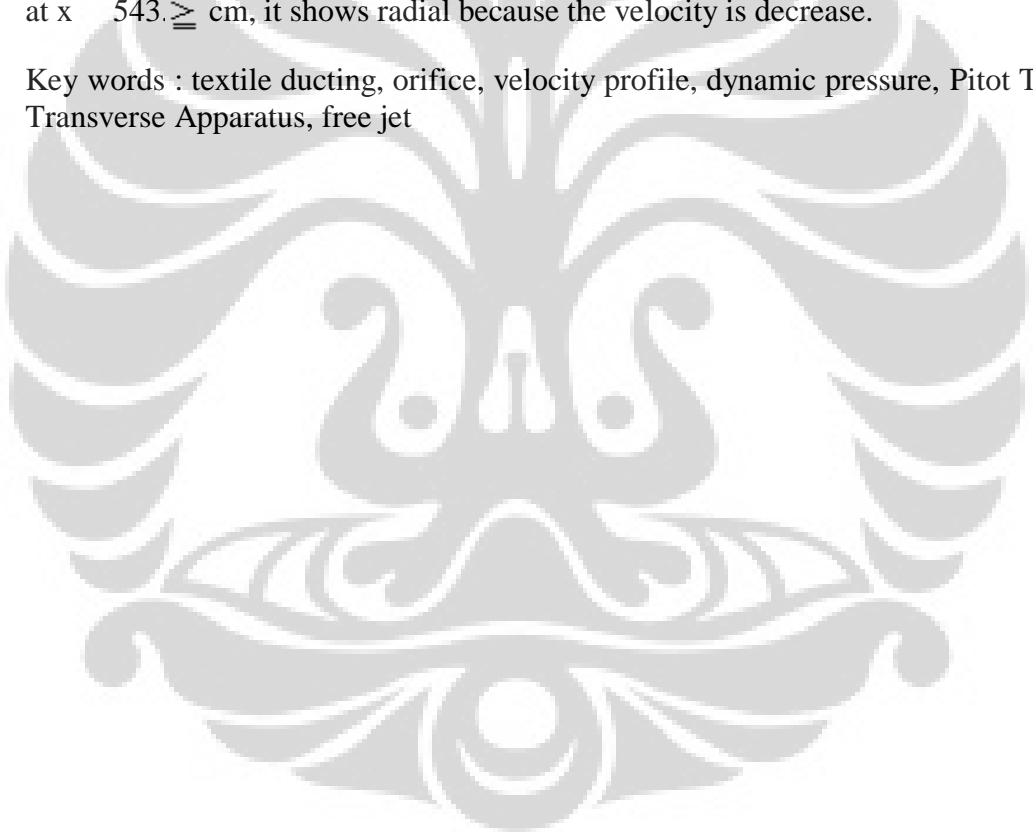
Kata kunci : *textile ducting*, orifis, profil kecepatan udara, tekanan dinamik, *Pitot Tube Transverse Apparatus*, aliran jet

Abstract

Name : Yuda Septiyanto. R
Study program: Teknik Mesin
Title : Velocity Profile at Outlet Orifice of Taslan Textile Ducting at 1500 FPM.

The research of velocity profile at outlet orifice of taslan textile ducting has been done. The objective of the research is to understand the characteristic of air flow at outlet orifice. By the research, the ability of taslan fabric as textile ducting is understood. Using the method of measurement for air flow, Pitot Tube Transverse Apparatus, pitot tube, and inclined manometer was very helpful to measure dynamic pressure. The result shows that the velocity at outlet orifice is a free jet. The highest velocity shows the center of the jet. At $x < 543.75$ cm (from the inlet textile), the air flow doesn't throw radially to the center of orifice. While, at $x \geq 543.75$ cm, it shows radial because the velocity is decrease.

Key words : textile ducting, orifice, velocity profile, dynamic pressure, Pitot Tube Transverse Apparatus, free jet



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI.....	Ixiii
DAFTAR ACUAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika penulisan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Textile ducting	5
2.1.1 Sistem textile ducting.....	5
2.1.1.1 Jenis atau bentuk ducting	5
2.1.1.2 Desain layout.....	6
2.1.1.3 Bahan textile.....	9
2.1.1.4 Dispersi udara.....	10
2.1.1.5 Sistem suspensi	13
2.2 Desain ducting.....	14
2.2.1 Sistem tekanan pada ducting.....	14
2.2.2 Losses tekanan static	15
2.2.3 Kecepatan ducting maksimum	16
2.3 Konsep tekanan	16
2.3.1 Manometri	17
2.3.2 Tekanan statik, stagnasi, dinamik dan total	19
2.3.3 Jet bebas	21
3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.2 Perancangan textile duct	23
3.3 Perancangan Pitot Tube Transverse Apparatus.....	30
3.4 Metode pengambilan data	33
3.4.1 Visualisasi arah aliran udara keluar orifis textile ducting.....	33
3.4.2 Pengukuran tekanan dinamik	34
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Visualiasi arah aliran keluar lubang orifis	38
4.2 Profil kecepatan udara keluar lubang orifis	39
4.2.1 Kemiringan arah aliran udara.....	47

5. KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	53



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penentuan kecepatan inlet textile ducting jenis silinder	10
Tabel 2.2. Volume udara per inlet diameter dengan kecepatan inlet ditentukan (cfm).....	12
Tabel 2.3. Pemilihan diameter inlet untuk top inlet dan end inlet	13
Tabel 2.4. Penentuan jumlah airflow per orifis (cfm/ea)	14
Tabel 2.5. Kecepatan maksimum ducting	15
Tabel 3.1. Penentuan Diameter dari Hasil Perhitungan	16
Tabel 3.2. Hasil perhitungan desain textile duct	17



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Textile ducting</i> jenis silinder	1
Gambar 2.2. <i>Textile ducting surface mount</i>	2
Gambar 2.3. Desain layout <i>textile ducting</i>	3
Gambar 2.4. Konfigurasi <i>inlet ducting</i> (bagian akhir atau puncak).....	4
Gambar 2.5. Model <i>comfort-flow</i>	5
Gambar 2.6. Model <i>high-throw</i>	6
Gambar 2.7. Model <i>low-throw</i>	7
Gambar 2.8. Penentuan arah orientasi <i>outlet</i> udara keluar orifis	8
Gambar 2.9. Sistem suspensi <i>tension cable</i>	9
Gambar 2.10. Sistem suspensi 3 x 1 <i>suspension</i>	10
Gambar 2.11. Sistem tekanan pada <i>ducting</i>	11
Gambar 2.12. Grafik <i>friction loss</i> terhadap kuantitas udara (cfm)	12
Gambar 2.13. Representasi pengukuran tekanan dan tekanan absolute.....	13
Gambar 2.14. Manometer U.....	14
Gambar 2.15. Skema manometer miring	15
Gambar 2.16. Tabung pitot static.....	16
Gambar 2.17. Aliran vertikal dari sebuah tangki	17
Gambar 3.1. Skema Alur Penelitian.....	18
Gambar 3.2. Desain rancangan <i>textile duct</i>	19
Gambar 3.3. Evaporator	20
Gambar 3.4. Skema pemasangan <i>drift eliminator</i>	21
Gambar 3.5. <i>Straightener</i> pada <i>apparatus</i>	22
Gambar 3.6. Rangka <i>duct</i>	23
Gambar 3.7. Penentuan orientasi outlet	24
Gambar 3.8. <i>Pitot Tube Transverse Apparatus</i>	25
Gambar 3.9. Pergerakkan sumbu- x <i>Pitot Tube Transverse Apparatus</i>	26
Gambar 3.10. Pergerakkan sumbu- y <i>Pitot Tube Transverse Apparatus</i>	27
Gambar 3.11. Pergerakkan sumbu- z <i>Pitot Tube Transverse Apparatus</i>	28
Gambar 3.12. Pengatur sudut kemiringan <i>Pitot Tube Transverse Apparatus</i>	29
Gambar 3.13. Ilustrasi pemasangan <i>smoke generator</i>	30
Gambar 3.14. Lubang orifis	31
Gambar 3.15. Ilustrasi pengukuran tekanan dinamik.....	32
Gambar 3.16. Pitot tube	33
Gambar 3.17. Manometer miring air (dengan densitas = 0.96 H ₂ O)	34

DAFTAR NOTASI

<i>Daftar Notasi</i>	<i>Satuan</i>
AP : Average Pressure	(in H ₂ O)
ISP 1 : Inlet Statik Pressure	(in w.g)
VP : Velocity Pressure	(in H ₂ O)
FL : Frictional Pressure Loss	(in H ₂ O)
TP : Total Pressure	(in H ₂ O)
ΔP : Differential Pressure	(in H ₂ O)
f : Friction Coefficient	(none)
l : Length	(m)
d : Diameter	(m)
V : Air velocity	(m/s)
γ : Berat jenis	(N/m ³)
h : Head ketinggian	(m)
P : Pressure	(in H ₂ O)
ρ : Density	(kg/m ³)
Q : Flowrate	(m ³ /min)
α_0 : Discharge coeffisien	(none)
ε_0 : Correction factor	(none)
a_0 : Surface area	$\frac{\pi}{4}d^2(m^2)$

DAFTAR ACUAN

Ductsox, Fabric Air Dispersion Products

Fluid Mechanic, Bruce R Munson

ME 425 - Air Distribution & *ASHRAE Outlet Selection*



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam hidupnya pasti membutuhkan kenyamanan agar dapat beraktifitas dengan baik dan maksimal. Dalam hal ini, lingkungan menjadi faktor yang sangat berpengaruh. Tidak juga manusia, bahan makanan atau industri semisal kimia pun juga membutuhkan lingkungan yang mampu menjaga kualitasnya agar tetap baik. Salah satu yang menjadi faktor berpengaruh adalah kondisi udara sekitar. Bagi manusia, kondisi udara yang nyaman memiliki kecepatan 0.25 m/s – 0.4 m/s dengan temperatur kurang dari 30⁰C dan banyak mengandung oksigen. Ada dua faktor yang mempengaruhi penyegaran udara yaitu temperatur dan kelembaban.

Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pendingin dan tata udara memberikan pengaruh yang cukup besar dalam dunia industri terutama bidang pendinginan ruangan. Salah satunya adalah penggunaan saluran udara (*ducting*) yang berfungsi sebagai pendingin ruangan.

Saluran udara (*ducting*) merupakan bagian dari sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mendistribusikan udara terkondisi ke ruangan yang akan dikondisikan. *Ducting* yang ada di Indonesia saat ini umumnya menggunakan bahan metal. Penggunaan tekstil sebagai bahan *ducting* masih belum banyak digunakan di Indonesia. Penggunaan bahan tekstil untuk *ducting* harus mempertimbangkan karakteristik dari bahan yang digunakan terutama permeabilitas. Bahan untuk *textile ducting* harus impermeabilitas karena udara yang dikeluarkan dari *ducting* harus dari orifis *textile ducting*, jika bahan tersebut permeabel maka akan ada udara yang keluar selain dari orifis atau dari permukaan kain, hal itu akan memberikan penurunan tekanan yang besar pada *ducting*.

Pada penerapannya, *textile ducting* memiliki kelebihan baik dari segi teknis, ekonomis, kesehatan, maupun estetika. Dari segi teknis *textile ducting* dapat dikatakan memenuhi kriteria kenyamanan dan distribusi udara yang lebih baik,

dari segi ekonomis *textile ducting* lebih murah dan mudah dalam instalasi dan pemeliharaan, dari segi kesehatan *textile ducting* dapat berfungsi sebagai filter udara, serta dari segi estetika *textile ducting* tersedia dalam pilihan warna yang beragam.

Atas dasar itulah, penelitian ini dilakukan. Penelitian tersebut menggunakan bahan textile dengan nama pasar *taslan coating*. Bahan tersebut telah memenuhi uji permeabilitas sehingga dapat digunakan.

1.2 Perumusan masalah

Perumusan masalah meliputi:

- Mengetahui pemanfaatan *ducting* sebagai sistem saluran pendingin udara
- Mengetahui penggunaan bahan alternatif selain metal untuk *ducting* yaitu tekstil
- Menentukan tekstil sebagai bahan yang akan di uji
- Melakukan pengujian bahan tekstil
- Mendesain dan membuat instalasi *textile ducting*
- Mendesain dan membuat alat untuk pengukuran kecepatan udara keluar orifis *textile ducting*
- Melakukan pengukuran kecepatan aliran udara keluar orifis *textile ducting*

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengetahui pola aliran udara keluar orifis *textile ducting* meliputi:
 - a) Pola kecepatan udara (*velocity profile*)
 - b) Arah semburan aliran udara keluar orifis *textile ducting*
- Mengetahui perbandingan pola aliran udara pada jarak pengukuran yang sama

- Mengetahui kemampuan *Pitot Tube Transverse Apparatus* sebagai alat bantu untuk pengukuran aliran udara.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah eksperimental dengan rangkaian urutan kegiatan sebagai berikut :

- a) Mempersiapkan instalasi *textile ducting*, meliputi:
 - Merancang dan membuat bahan untuk *textile ducting*
 - Merancang dan membuat rangka *textile ducting*
- b) Mempersiapkan peralatan uji aliran udara, meliputi:
 - Merancang dan membuat *Pitot Tube Transverse Apparatus*
 - Alat- alat ukur: tekanan (manometer manual), temperatur, RH, laju aliran (Hot wire), putaran fan (Tachometer), Tekanan udara (Barometer), Jangka sorong, Mistar
 - *Air Flow Demonstration Apparatus*
 - Peralatan mesin pendingin pada sisi masuk fan (AC Window)
 - *Textile Duct Section* dengan satu ukuran diameter (10 inchi)
- c) Mengkalibrasi alat ukur
- d) Pengambilan data tekanan dinamik udara keluar orifis *textile ducting*
- e) Menganalisa data pengukuran
- f) Pelaporan dan kesimpulan hasil pengukuran

1.5 Batasan penelitian

Pada penelitian tersebut ruang lingkup penelitian meliputi :

- Pengujian dilakukan pada satu rancangan ukuran *textile ducting* yaitu:
 - Diameter *textile ducting* 10 inchi
 - Panjang *textile ducting* 6 m

- Diameter orifis *textile ducting* 1 inchi
- Pengujian dilakukan pada satu putaran blower 1500 fpm

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Terdiri dari:

1. 1 Latar belakang masalah
1. 2 Perumusan masalah
1. 3 Tujuan penelitian
1. 4 Metodologi penelitian
1. 5 Batasan penelitian
1. 6 Sistematika penulisan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori – teori yang menunjang penelitian dan penulisan laporan.

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

Saluran udara (*ducting*) merupakan bagian dari sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk mendistribusikan udara terkondisi ke ruangan yang akan dikondisikan. Pada penerapannya, *textile ducting* memiliki kelebihan baik dari segi teknis, ekonomis, kesehatan, maupun estetika.

Keuntungan *textile ducting*:

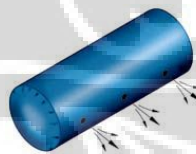
- Distribusi saluran udara lebih seragam
- Sedikit menghasilkan kebisingan
- Tidak terjadi kondensasi
- Mampu menyaring udara
- Higienis
- Mudah dipasang
- Mudah Perawatan
- Memiliki berat yang ringan
- Biaya transportasi lebih murah
- Berbagai pilihan warna
- Temperatur udara yang melaluinya berkisar antara $-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ tanpa terjadi perubahan fisik.

2.1.1. Sistem textile ducting

Sistem *textile ducting* terdiri dari lima bagian:

2.1.1.1 Jenis atau bentuk *ducting*

Silinder



Gambar 2.1. *Textile ducting* jenis silinder

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

Textile ducting jenis tersebut umumnya digantung horizontal menggunakan *tension cable* atau sistem suspensi aluminium. Inlet diameter pada *ducting* jenis tersebut ditentukan berdasarkan persyaratan kecepatan inlet desain sistem. Pada jenis tersebut, diutamakan memiliki diameter yang konstan untuk meminimalisasi kehilangan (*loses*) karena gesekan.

Surface mount



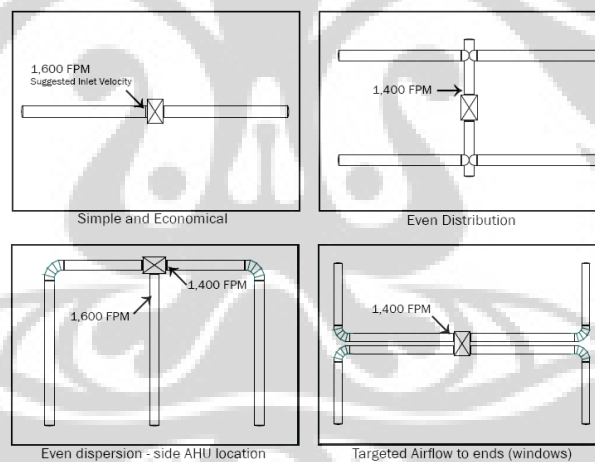
Gambar 2. 2. *Textile ducting surface mount*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

Textile ducting jenis tersebut diaplikasikan untuk ketinggian atap kurang dari 14'. Pada jenis tersebut, aliran udara masuk ke sistem melalui bagian ujung tekstil atau panel datar pada dinding.

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 didistribusikan ke dalam sistem. Beberapa contoh desain *layout textile ducting*



Gambar 2.3. *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 di bawah untuk menentukan kecepatan inlet.

Tabel 2.1. Penentuan kecepatan inlet *textile ducting* jenis silinder

Diameter	Inlet Velocity			
	1,000	1,200	1,400	1,600
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027
26	3,687	4,424	5,162	5,899
28	4,276	5,131	5,986	6,842
30	4,909	5,890	6,872	7,854
32	5,585	6,702	7,819	8,936
34	6,305	7,566	8,827	10,088
36	7,069	8,482	9,896	11,310
38	7,876	9,451	11,026	12,601
40	8,727	10,472	12,217	13,963
42	9,621	11,545	13,470	15,394
44	10,559	12,671	14,783	16,895
46	11,541	13,849	16,157	18,466
48	12,566	15,080	17,593	20,106
50	13,635	16,362	19,090	21,817
52	14,748	17,698	20,647	23,597
54	15,904	19,085	22,266	25,447
56	17,104	20,525	23,946	27,367
58	18,348	22,017	25,687	29,356
60	19,635	23,562	27,489	31,416
62	20,966	25,159	29,352	33,545
64	22,340	26,808	31,276	35,744
66	23,758	28,510	33,262	38,013
68	25,220	30,264	35,308	40,352
70	26,725	32,070	37,415	42,761
72	28,274	33,929	39,584	45,239

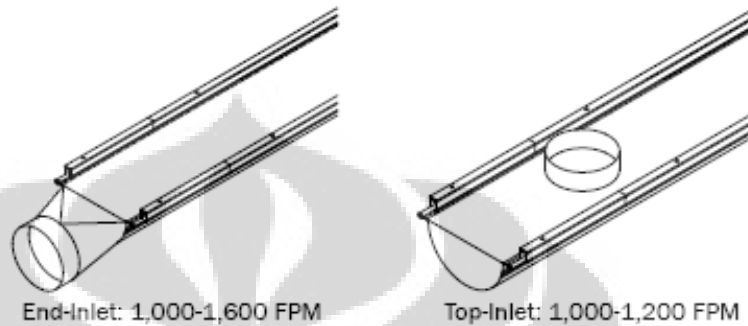
catatan: tabel 2. 1 Tidak digunakan untuk fpm lebih dari 1600

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

b) Jenis surface mount (D- shape)

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

- memilih konfigurasi inlet (akhir atau puncak)
- menentukan aliran udara melalui masing- masing inlet. Untuk inlet puncak, hitung aliran udara setiap inlet.
- memilih diameter inlet.
- memilih diameter *textile ducting*



Gambar 2.4. Konfigurasi *inlet ducting* (bagian akhir atau puncak)

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

Tabel 2.2. Volume udara per inlet diameter dengan kecepatan inlet ditentukan (cfm)

Diameter	Airflow (CFM)			
	Inlet Velocity			
	1,000	1,200	1,400	1,600
8	349	419	489	559
10	545	654	764	873
12	785	942	1,100	1,257
14	1,069	1,283	1,497	1,710
16	1,396	1,676	1,955	2,234
18	1,767	2,121	2,474	2,827
20	2,182	2,618	3,054	3,491
22	2,640	3,168	3,696	4,224
24	3,142	3,770	4,398	5,027

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

top (puncak) inlet: pilih minimum diameter D- shape dari tabel di bawah setiap pemilihan inlet diameter.

end (akhir) inlet :pilih maksimum diameter D- shape dari tabel di bawah setiap pemilihan diameter inlet.

Tabel 2.3. Pemilihan diameter inlet untuk top inlet dan end inlet

D-Shape Dia.	End Inlet Min. Dia.	Top Inlet Max. Dia.
14	10	10
18	13	14
22	16	18
26	18	22
30	21	26
34	24	30

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

2.1.1.3. Bahan tekstil

Yang harus diperhatikan dalam memilih bahan untuk textile ducting:

- Porositas

Bahan yang memiliki porositas dipilih jika permukaan ducting ganda untuk mencegah kondensasi. Bahan yang tidak memiliki porositas dipilih untuk *ducting* dengan permukaan tunggal.

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

- Sedonna- Xm
memiliki porositas udara
- Tuftex
Tidak memiliki porositas udara
- Verona
- DuraTex
- 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)*

$$AP = ISP 1 + 0.66 (VP - VL) \quad (\text{in H}_2\text{O}) \quad (2.1)$$

(Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

ISP 1 = *Inlet Statik Pressure* → mengindikasikan tekanan statik yang di suplai pada daerah inlet. Nilai ISP 1 memiliki standar ½” w.g dengan range 1/8” – 3 “ w.g

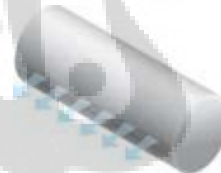
VP = *Velocity Pressure* = $(\text{velocity}/4005)^2$ → dihasilkan dari tekanan statik

FL = *Frictional Pressure Loss* → nilainya kecil jika diameter *ducting* konstan

Model

Comfort- Flow

Pada model ini, udara dialirkan melalui vent linier.



Gambar 2.5. Model *comfort-flow*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

High-Throw

Udara dialirkan melalui orifis yang dibuat dengan jarak tertentu. Udara yang keluar orifis adalah tipe aliran udara jet.

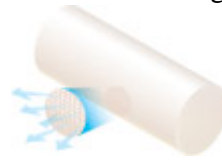


Gambar 2.6. Model *high-throw*

(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.

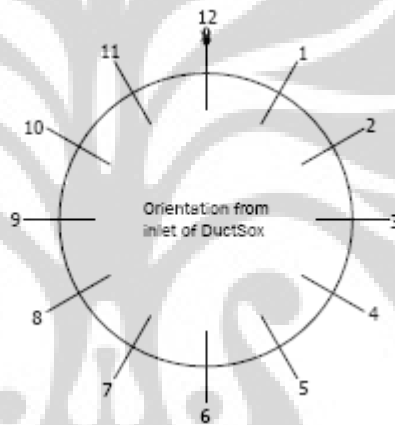


Gambar 2.7. Model *low- throw*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

Arah semburan aliran udara

Pertimbangan penentuan arah semburan aliran udara



Gambar 2.8. Penentuan arah orientasi outlet udara keluar orifis

(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*).

Desain orifis

▪ **Model *High throw***

Pilih ukuran orifis dan orientasi berdasarkan semburan. Tekanan yang rendah akan meningkatkan efisiensi, sedikit kebisingan.

Untuk menghitung jumlah orifis, dihitung dengan cara membagi *airflow* volume dengan *airflow* per orifis.

Tabel 2.4. Penentuan jumlah *airflow* per orifis (cfm/ea)

ORIFICE Size	AP (in w.g.)	Airflow (CFM/ea)	Distance (ft) to Velocity (FPM)		
			150	100	50
1/2"	0.25	1.64	3	4	8
	0.5	2.32	4	6	11
	0.75	2.84	5	7	14
	1.00	3.28	5	8	16
	1.25	3.67	6	9	18
1"	0.25	6.56	5	8	16
	0.5	9.28	8	11	23
	0.75	11.37	9	14	28
	1.00	13.12	11	16	32
	1.25	14.67	12	18	36
2" SG2	0.25	26.25	11	16	32
	0.5	37.12	15	23	45
	0.75	45.46	19	28	56
	1.00	52.49	21	32	64
	1.25	58.69	24	36	72
2.5"	0.25	41.01	13	20	40
	0.5	58.00	19	28	57
	0.75	71.03	23	35	69
	1.00	82.02	27	40	80
	1.25	91.70	30	45	90
3" SG3	0.25	59.06	16	24	48
	0.5	83.52	23	34	68
	0.75	102.29	28	42	83
	1.00	118.11	32	48	96
	1.25	132.06	36	54	108
4"	0.25	104.99	21	32	64
	0.5	148.48	30	45	91
	0.75	181.85	37	56	111
	1.00	209.98	43	64	128
	1.25	234.76	48	72	144
5"	0.25	164.05	27	40	80
	0.5	232.00	38	57	113
	0.75	284.14	46	69	139
	1.00	328.09	53	80	160
	1.25	366.82	60	90	179

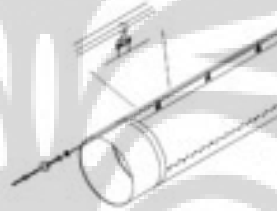
(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

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 cost yang murah. Sistem ini diinstal dari dinding ke dinding atau antara penyangga menggunakan kabel 1/8".

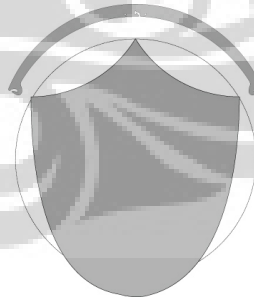


Gambar 2.9. Sistem suspensi *tension cable*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

- **3x1 Suspension**

Sistem ini kombinasi kabel suspensi yang digantung untuk menjaga agar ducting tetap rata.



Gambar 2.10. Sistem suspensi 3 x 1 *suspension*

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

2. 2. DESAIN DUCTING

2.2.1. Sistem tekanan pada ducting

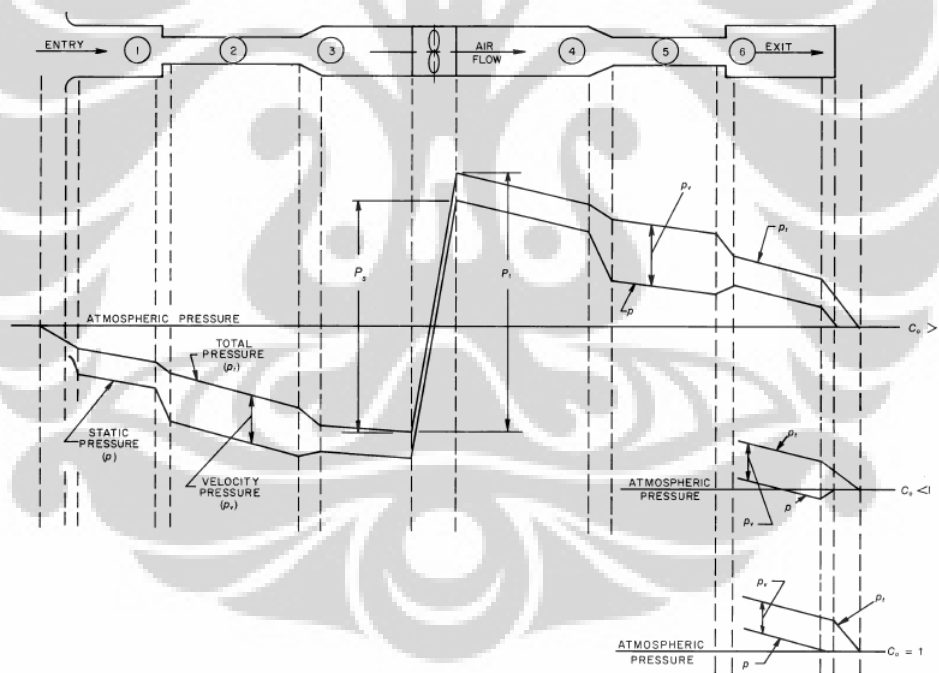
Tujuan saluran udara (*ducting*) pendingin adalah untuk mengantarkan udara dari fan ke difusser untuk didistribusikan ke ruangan. Udara yang melalui *ducting* akan mengalami perbedaan tekanan. Perbedaan tekanan tersebut akan menentukan desain dan ukuran *ducting*. Dalam mendesain *ducting*, penurunan tekanan harus diminimalisir.

Tekanan total (TP) berhubungan dengan energi pada aliran udara. Tekanan total ditentukan sebagai berikut:

$$TP = \text{Tekanan statik} + \text{Tekanan kecepatan} \quad (2.2)$$

(ME 425 - Air Distribution & ASHRAE Outlet Selection)

Kenaikkan dan penurunan tekanan statik dan tekanan kecepatan tergantung pada luas permukaan area ducting. Penurunan tekanan total udara terjadi karena konversi energi mekanik karena panas yang disebabkan oleh gesekan



Gambar 2.11. Sistem tekanan pada *ducting*

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

2.2.2. Losses tekanan statik

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* di desain 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*.

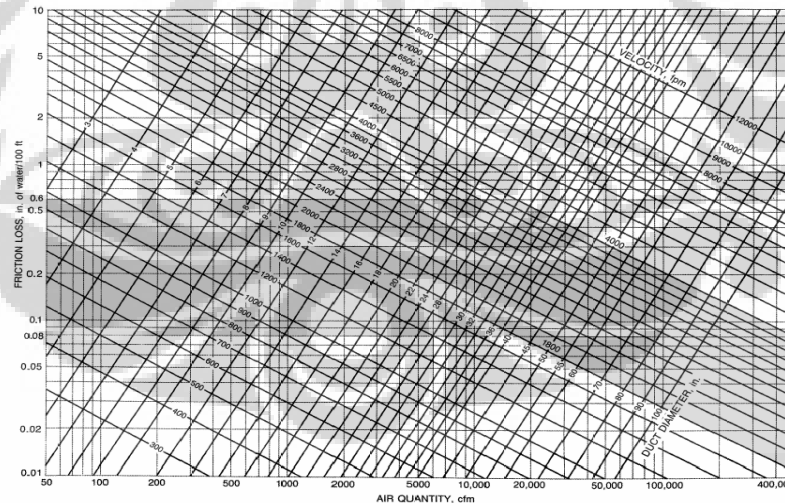
Losses karena gesekan ditentukan dengan:

$$\Delta P = 0.03f \left(\frac{l}{d^{1.22}} \right) \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.82} \quad (2.3)$$

(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)

2.2.3. Kecepatan *ducting* maksimum

Tabel 2.5. Kecepatan maksimum *ducting*

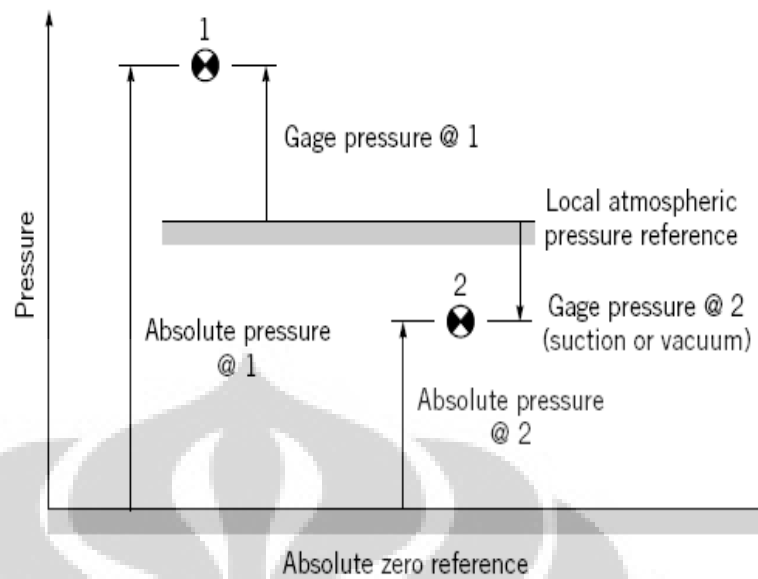
Application	Controlling Factor Noise Generations Main Ducts	Controlling Factor- Duct Friction			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments	1000	1500	1300	1200	1000
Hotel Bedrooms					
Hospital Bedrooms					
Privates Offices	1200	2000	1500	1600	1200
Directors Rooms					
Libraries					
Theatres	800	1300	1100	1000	800
Auditoriums					
General Offices	1500	2000	1500	1600	1200
High Class Restaurants					
High Class Stores					
Banks					
Average Stores	1800	2000	1500	1600	1200
Cafetarias					
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

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

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: Fluid Mechanic, Bruce R Munson)

Untuk memahami konsep tekanan dari gambar diatas, 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*). Misalnya tekanan 10 psi (abs) setara dengan -4.7 psi (gage) jika tekanan atmosfer lokal 14.7 psi. Sehingga:

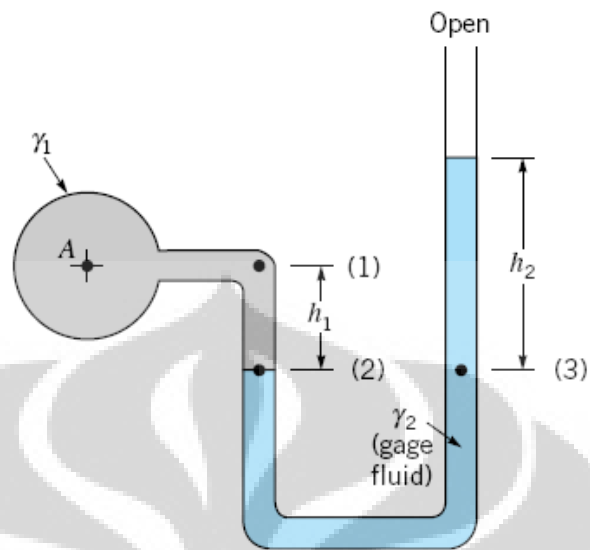
$$\text{tekanan pengukuran} = \text{tekanan absolute} - \text{tekanan atmosfer}$$

Sementara itu, tekanan mutlak (*absolute pressure*) adalah tekanan yang diukur relatif terhadap nol absolute. Satuan tekanan dalam SI adalah N/m^2 (Pa). Tekanan dapat dinyatakan dalam ketinggian kolom fluida (in, ft, mm, m, dan lain- lain) dengan jenis fluida yang dikhususkan (H_2O , Hg, dan lain- lain).

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: Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

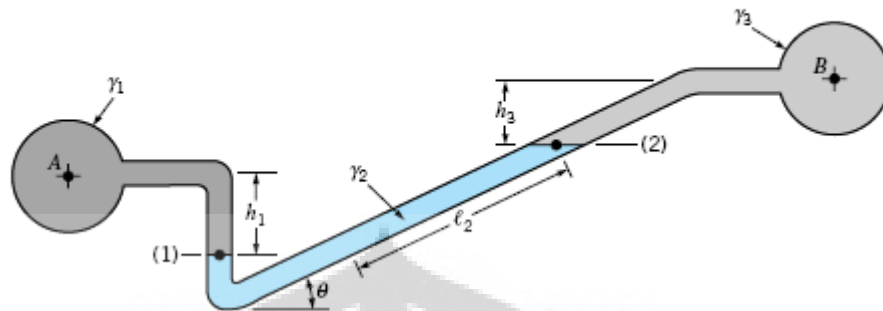
Untuk menentukan tekanan dari sebuah manometer, cukup menggunakan kenyataan bahwa tekanan dalam kolom cairan akan berubah secara hidrostatis. Untuk menentukan tekanan pada gambar di atas, kita dapat mulai dari titik A dan menelusurinya sampai ke ujung terbuka. Dengan mengacu fluida yang ada pada manometer (*fluida pengukuran*) kita dapat membuat persamaan:

$$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 = 0 \quad (2.4)$$

(Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

sehingga kita dapat menentukan tekanan di titik A

b. Manometer miring (*inclined manometer*)



Gambar 2.15. Skema manometer miring

(Sumber: Fluid Mechanics, 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:

$$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 \ell_2 \sin \theta - \gamma_3 h_3 = P_B \quad (2.5)$$

(Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

2.3.2. Tekanan statik, stagnasi, dinamik dan total

Dengan mengacu pada persamaan Bernoulli:

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma z = \text{tetap} \quad (2.6)$$

(Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

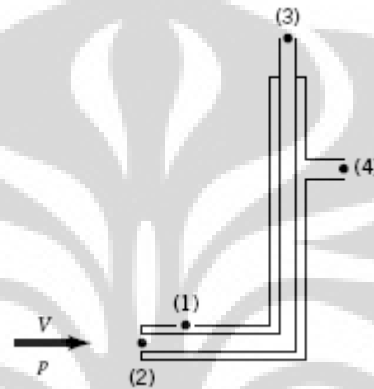
setiap sukunya dapat ditafsirkan sebagai bentuk tekanan. Suku pertama, P adalah tekanan termodinamika aktual dari fluida ketika mengalir. Untuk mengukur nilainya, kita bergerak bersama fluida sehingga menjadi “statik” relative terhadap fluida yang bergerak. Maka tekanan tersebut disebut sebagai tekanan statik (*static pressure*). Suku kedua, $\frac{1}{2} \rho V^2$ disebut sebagai tekanan dinamik (*dynamic pressure*).

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 hidrostatis, dan tekanan dinamik sebagai tekanan total, P_T . Sehingga:

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

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: Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

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

$$P_3 = P + \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2.7)$$

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

$$P_4 = P_1 = P \quad (2.8)$$

Dengan kedua persamaan di atas, kita dapat menghubungkan

$$P_3 - P_4 = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2.9)$$

dan untuk mendapatkan besar kecepatan,

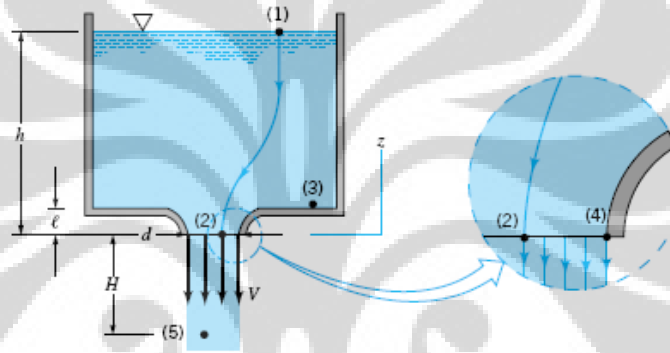
$$V = \sqrt{2(P_3 - P_4) / \rho} \quad (2.10)$$

(Fluid Mechanics, 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.

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: Fluid Mechanics, 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

$$V = \sqrt{2 \frac{\gamma h}{\rho}} = \sqrt{2gh} \quad (2.11)$$

(Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

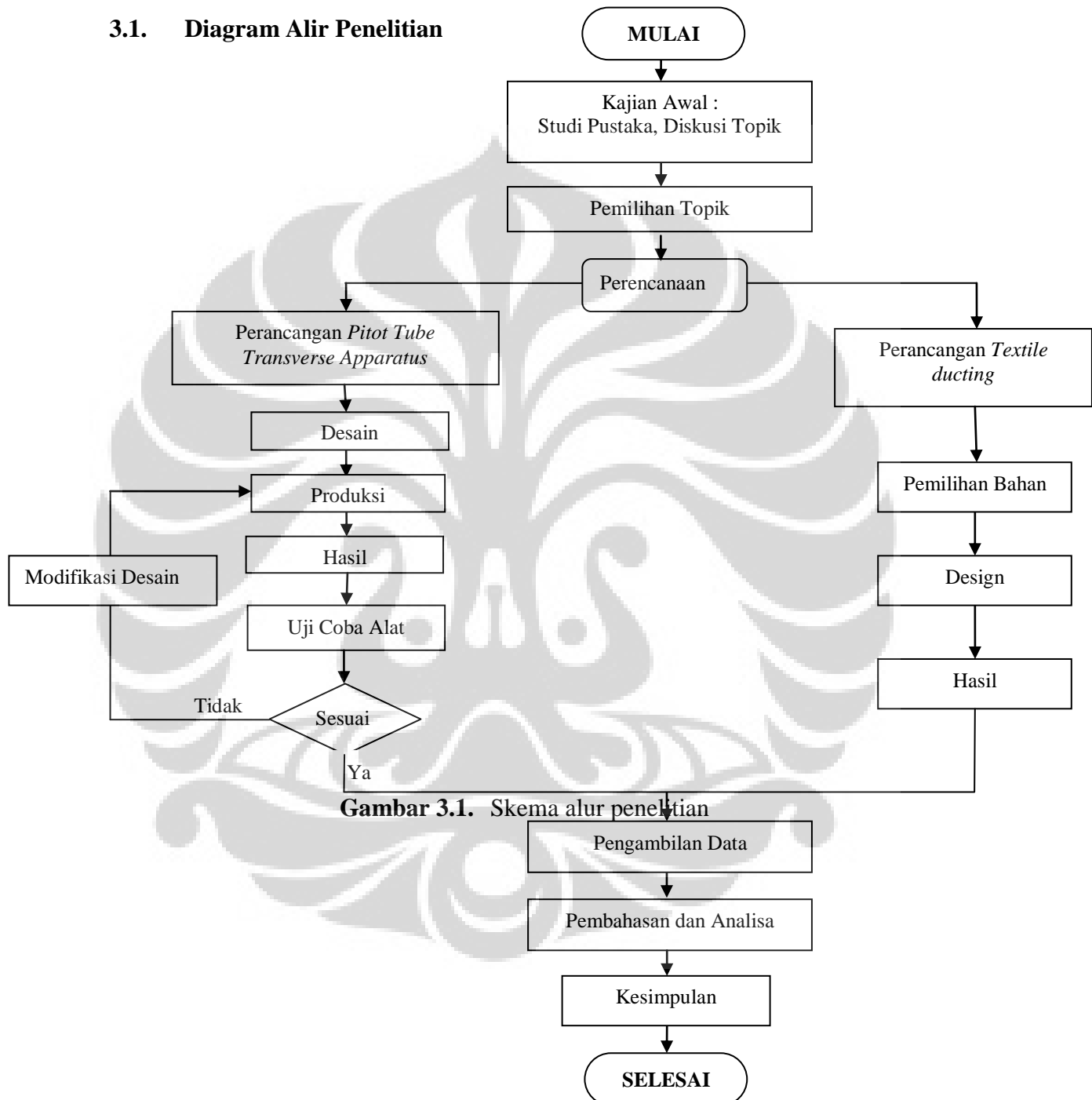
Tekanan yang keluar jet sama dengan tekanan lingkungan ($P_2=0$), jika garis arus titil 2 ke 4 lurus maka $P_2 = P_4$. Titik 4 berada dipermukaan jet, tekanan di titik tersebut adalah tekanan atmosfer. Tekanan pada titik 5, yang semakin jauh dari jet juga sama dengan tekanan atmosfer ($P_5=0$). Sementara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

$$V = \sqrt{2g(h+H)} \quad (2.12)$$

(Fluid Mechanics, Bruce R Munson)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Skema alur penelitian

Secara garis besar, alur penelitian terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Perancangan *textile ducting* sebagai sistem dalam penelitian.
2. Pitot Tube Transverse Apparatus sebagai alat ukur tekanan dinamik keluar orifis.

3.2. Perancangan *textile ducting*

Pada penelitian ini, perancangan *textile ducting* disesuaikan dengan *Air Flow Demonstration Apparatus* (AFD-240GTAE). *Textile ducting* yang digunakan pada penelitian tersebut bermodel *High throw*. Udara yang keluar orifis *textile ducting* adalah tipe aliran udara jet. *Ducting* yang diuji tidak memiliki percabangan sehingga keseluruhan *ducting* sebagai *main duct*. Instalasi *ducting* dibuat agar *textile ducting* tetap dalam posisi lurus (*inline*) dan tetap terjaga kebulatarannya. Oleh karena itu kerangka *ducting* yang dibuat harus memenuhi fungsi tersebut. Lekukan/ kerutan yang terjadi pada *textile ducting* dapat mempengaruhi *pressure drop* pada *duct*.



Gambar 3.2. Desain rancangan *textile ducting*

3.2.1. Tahapan-tahapan instalasi *textile ducting* :

- Pemasangan Evaporator

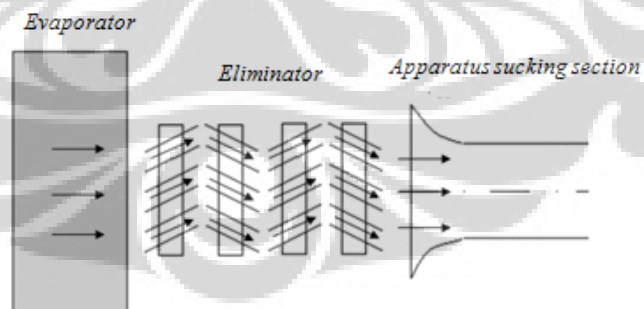
Tujuan dari pemasangan evaporator adalah sebagai suplai udara dingin yang dialirkan melalui *Air Flow Demonstration Apparatus* menuju *textile ducting*. Udara yang bertemperatur rendah akan dikeluarkan melalui orifis *ducting*.



Gambar 3.3. Evaporator

- Pemasangan *Drift Eliminator*

Tujuan dari pemasangan dari *drift eliminator* adalah mengurangi *moisture* yang keluar dari evaporator agar tidak masuk ke dalam apparatus dan *textile ducting*. Material yang digunakan sebagai *drift eliminator* adalah kayu triplex.



Gambar 3.4. Skema pemasangan *drift eliminator*

- Pemasangan *straightener*

Pemasangan *straightener* bertujuan untuk membuat aliran udara yang masuk pada bagian *entrance length textile ducting* lebih cepat mengalami *fully developed* sehingga profil kecepatan yang terjadi di dalam *textile ducting* dapat seragam atau tidak berubah. Sebelum udara masuk ke dalam *textile ducting* (udara pada apparatus), masih bersifat turbulen oleh karena itu pemasangan *straightener* akan memberikan gangguan pada udara sehingga udara yang masuk ke dalam *textile ducting* menjadi *fully developed*.



Gambar 3.5. *Straightener* pada *apparatus*

- Rangka atau penyangga *duct*

Penyangga *ducting* bertujuan agar *textile ducting* tetap dalam posisi lurus (*inline*) dan tetap terjaga kebundarannya. 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*

Dalam perancangan *textile ducting* beberapa tahapan yang dilakukan 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 nol¹. Sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat *textile ducting*.

¹ Pengujian permeabilitas dilakukan sesuai standar ASTM D 737 tentang *Air Permeability For Textile*

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 orifis

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.

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 ³ /min	m	in
1200	1500	7.62	541.8	15.3411	0.21	8.14
	1750	8.89	541.8	15.3411	0.19	7.54
	2000	10.16	541.8	15.3411	0.18	7.05
1800	1500	7.62	781.5	22.1286	0.25	9.78
	1750	8.89	781.5	22.1286	0.23	9.05
	2000	10.16	781.5	22.1286	0.22	8.47
2400	1500	7.62	1073	30.3883	0.29	11.5
	1750	8.89	1073	30.3883	0.27	10.6
	2000	10.16	1073	30.3883	0.25	9.92
2900	1500	7.62	1283	36.3267	0.32	12.5
	1750	8.89	1283	36.3267	0.29	11.6
	2000	10.16	1283	36.3267	0.28	10.8

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*.)

v = kecepatan udara di main duct (fpm)

Q = *flow rate* yang diperoleh dari putaran fan, m^3/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.

- 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:

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

(Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

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 orifis

Tabel 3.3. Perhitungan desain orifis *textile ducting*

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

Diameter orifis	1 in. (Ditentukan berdasarkan Tabel 2.4)
Air flow orifis	11.37 cfm/orifis (Dipilih dari tabel 2.4, diperkirakan nilai AP= 0.75 in w.g)
Jumlah orifis	= (Jumlah suplai udara per ducting / jumlah udara outlet per orifis) = (730.2 cfm / 11.37 cfm) = 64.2 dibulatkan kebawah → 64 buah orifis
rekomendasi jarak dari inlet fan – ducting = 4 ft (tanpa orifis)	
L_1'	19.7 ft – 4 ft = 15.7 ft = 188.4 in.
Spasi antar orifis	$L_1' / (\text{jml orifis}/2) = 188.4 / (64/2) = 5.9 \text{ in.}$

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

Panjang *ducting* = 6 m

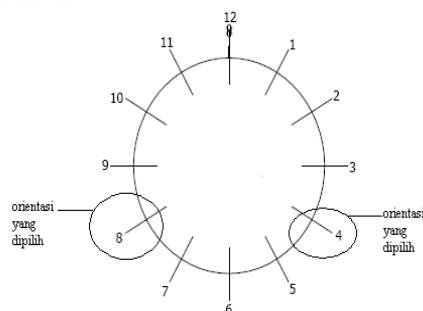
Diameter *ducting* = 10 in = 0.254 m

Diameter orifis = 1 in

Spasi antar orifis 5.9 in

d) Penentuan orientasi outlet

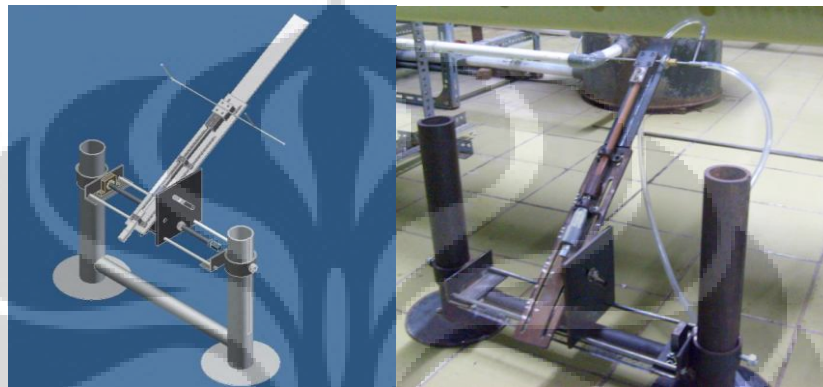
Penentuan orientasi outlet pada *textile ducting* akan menentukan panjang jangkauan aliran udara keluar orifis. Pada penelitian tersebut dipilih posisi jam 4&8.



Gambar 3.7. Penentuan orientasi outlet

3.3. Perancangan *Pitot Tube Transverse Apparatus*

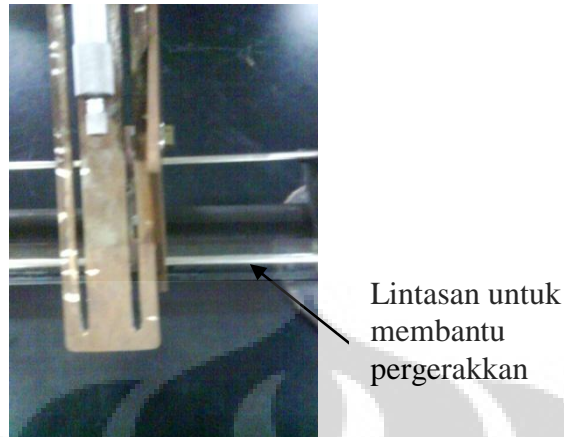
Pitot Tube Transverse Apparatus merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dinamik udara keluar orifis. Fungsi alat ini yaitu menempatkan pitot tube yang digunakan untuk mengukur tekanan dinamik aliran udara keluar *orifice*. Alat tersebut dihubungkan dengan *inclined manometer*.



Gambar 3.8 *Pitot Tube Transverse Apparatus*

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

a) Pergerakkan sumbu- x

**Gambar 3.9.** Pergerakkan 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 keluar orifis duct. Pada saat pengukuran, *pitot tube holder* tidak boleh bergeser oleh karena itu harus dikunci dengan baut.

b) Pergerakkan sumbu- y

**Gambar 3.10.** Pergerakkan sumbu-y

Pergerakan naik- turun sangat ditentukan oleh halus tidaknya slot yang dibuat. Fungsi pergerakan tersebut adalah untuk mengatur ketinggian *pitot tube holder* dari orifis saat pengambilan data. Baut berfungsi sebagai pengunci agar tidak kendur.

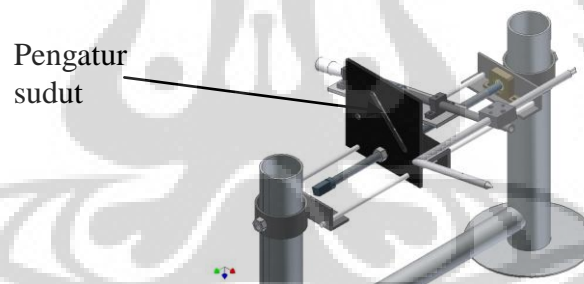
c) Pergerakan sumbu- z



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 orifis. Slot didesain dapat mengatur pergerakan *holder micrometer* sepanjang 20 cm (sesuai dengan pengambilan data). Pengaturan pergerakan sumbu- z dibantu oleh desain pengatur sudut yang didesain 45° .



Pengatur
sudut

Gambar 3.12. Pengatur sudut kemiringan

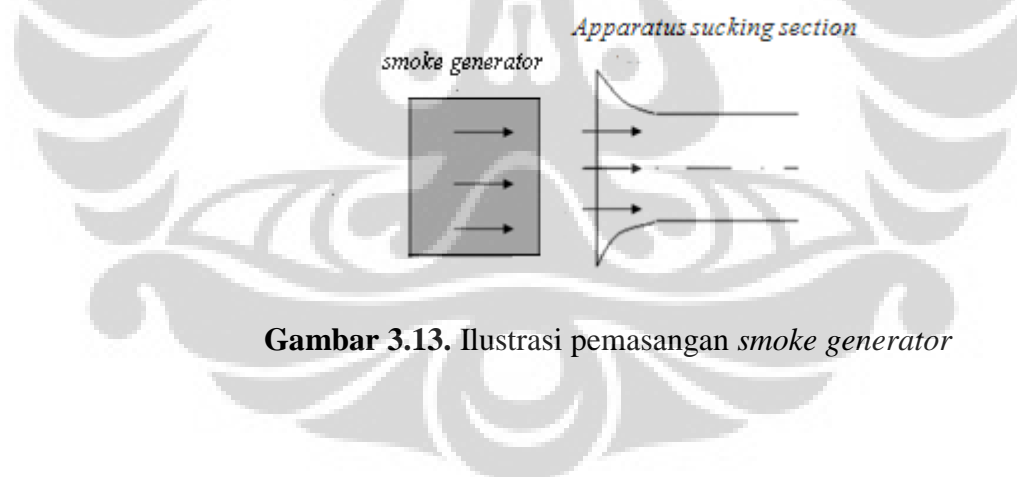
3.4. Metode pengambilan data

Untuk mengetahui pola aliran udara yang keluar dari orifis, 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 dua tahap, yaitu:

3.4.1. Visualisasi arah aliran udara keluar orifis *textile ducting*

Arah aliran udara yang keluar dari setiap orifis *textile ducting*, tidak mengarah tegak lurus keluar dari lubang orifis. Oleh karena itu, perlu diketahui arah aliran udara yang sebenarnya. Hal itu akan memudahkan dalam pengambilan data.

Untuk mengetahui arah aliran udara yang keluar orifis *ducting*, digunakan *Smoke generator* untuk mengalirkan asap. *Smoke generator* yang diletakkan di dekat blower, akan menyemburkan asap yang dihisap oleh blower untuk disemburkan ke instalasi *textile ducting*. Asap tersebut kemudian disemburkan keluar lubang orifis *textile ducting*. Semburan asap keluar lubang orifis kemudian di rekam oleh kamera.



Gambar 3.13. Ilustrasi pemasangan *smoke generator*

3.4.2. Pengukuran tekanan dinamik

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

Pengambilan data dilakukan pada lubang ke 2, 5, 18, 29, dan 30 (dari arah depan/ **entrance length**). Pengukuran dilakukan pada putaran sesuai dengan desain *textile ducting* yaitu 1380 rpm (untuk mendapatkan 1500 fpm)

Untuk mendapatkan nilai 1500 fpm, 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 orifis dan di belakang orifis (melewati orifis). Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan *Discharge air flow rate across orifice*. Dari hasil pengukuran dimasukkan ke dalam persamaan:

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

(*Katalog Air Flow Demonstration Apparatus*)

dengan:

Q = Laju aliran udara melewati orifis (m^3/min)

α_0 = Discharge koefisien (-), didapat dari tabel 3.4.

ε_0 = Faktor koreksi akibat ekspansi udara (-), didapat dari tabel 3.4.

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

γ_0 = Berat spesifik udara (1.23 kg/m^3)

h_0 = Perbedaan tekanan melalui orifis apparatus (mmAq)

Tabel 3.4. Nilai α_0 dan ε_0

Model	α_0 (-)	d_0 (m)	a_0 (m)	ε_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

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

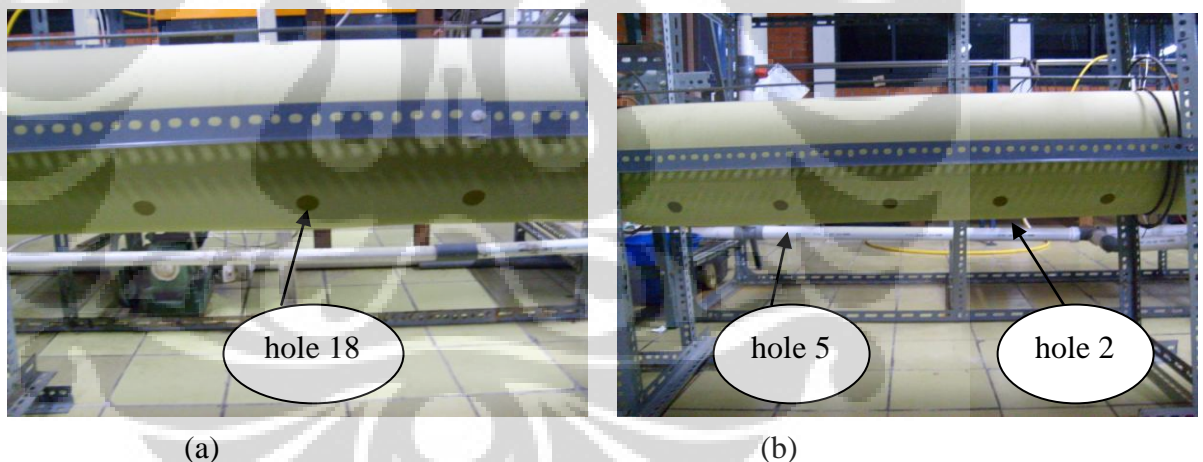
dengan:

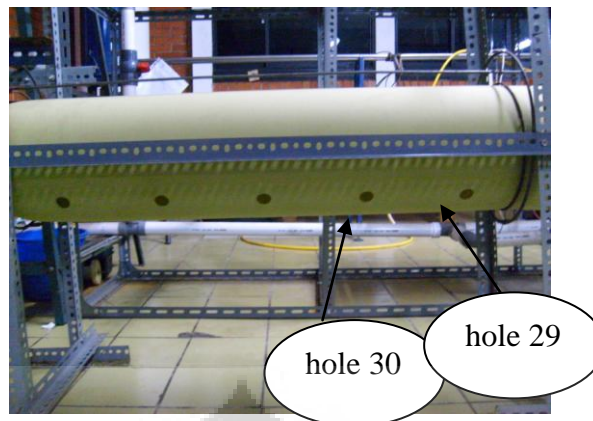
Q = Laju aliran udara melewati orifis (m^3/min)

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

V = Kecepatan melewati orifis (m/min)

Nilai V (m/min) dikonversi menjadi fpm



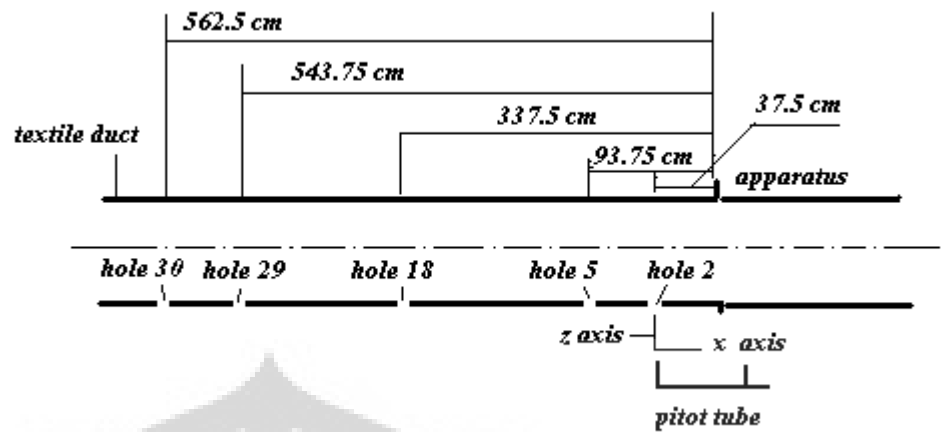


(c)

Gambar 3.14 Lubang orifis

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data adalah arah gerak pitot tube terhadap aliran udara keluar orifis. 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 orifis maka yang terukur adalah tekanan atmosfer.

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



Gambar 3.15. Ilustrasi pengukuran tekanan dinamik

3.4.2.1 Alat ukur

Alat ukur yang digunakan terdiri dari:

1. Pitot tube



Gambar 3.16. Pitot tube

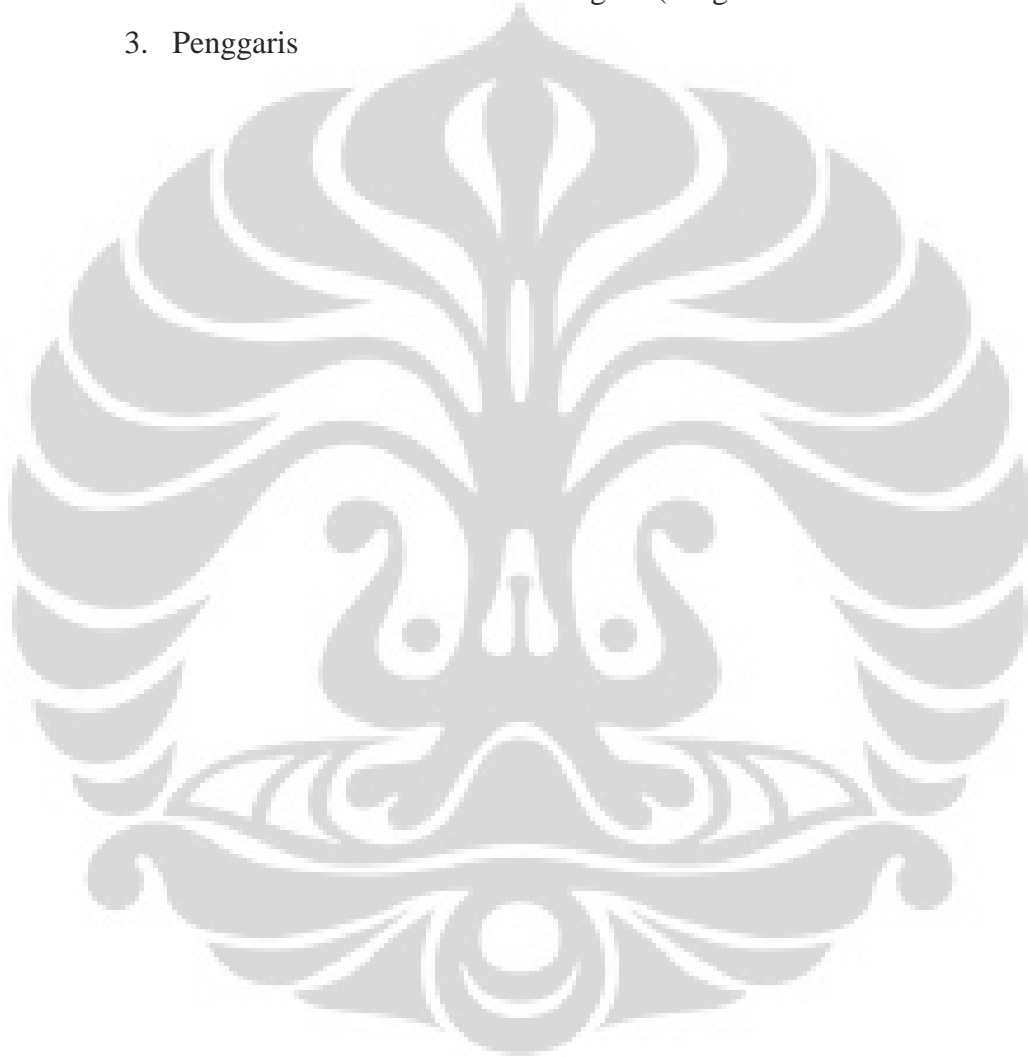
Pitot tube digunakan mengukur tekanan dinamik udara keluar orifis

2. Manometer miring



Gambar 3.17. Manometer miring air (dengan densitas = $0.96 \text{ H}_2\text{O}$)

3. Penggaris

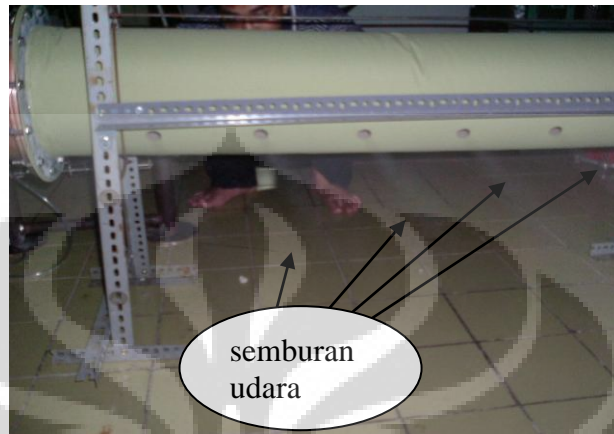


BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Visualiasi arah aliran keluar lubang orifis

- Arah aliran orifis 2 dan 5



(a)

- Arah aliran orifis 18



(b)

Gambar 4.1. (a), (b) Visualiasi arah aliran keluar orifis

Dari hasil visualisasi di atas dapat terlihat bahwa aliran udara yang keluar orifis *ducting* pada bagian depan hingga bagian tengah tidak mengarah radial

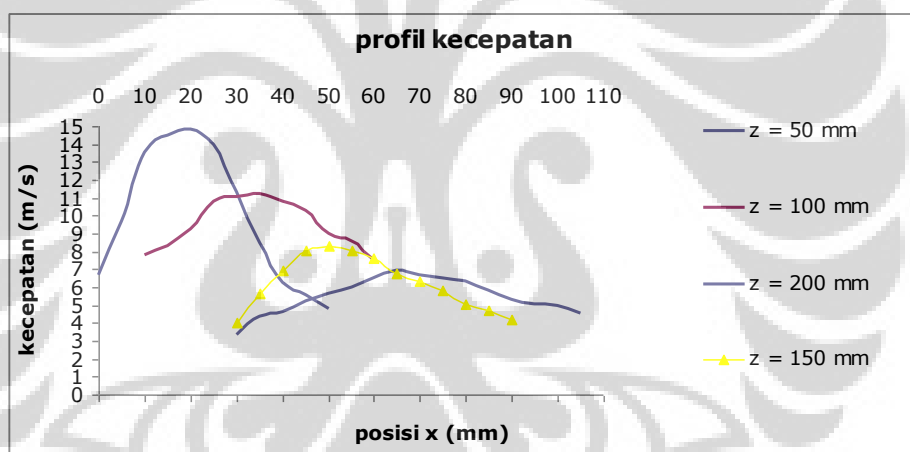
terhadap pusat lubang orifis. Hal itu disebabkan adanya momentum dari blower yang diberikan ke udara keluar orifis. Pada daerah depan *textile ducting*, momentum yang diberikan blower masih memberikan efek gaya dorong yang besar pada kecepatan yang mengalir di dalam *duct* sehingga aliran yang keluar melalui orifis didorong tidak radial. Sementara itu pada daerah bagian belakang, efek tersebut sudah mulai menghilang. Kecepatan pada daerah itu mengalami penurunan karena adanya gesekan udara dengan *ducting* sehingga semburan aliran keluar orifis lebih cenderung radial.

4.2. Profil kecepatan udara keluar lubang orifis

Dari hasil pengukuran tekanan dinamik (dilandjutkan dengan perhitungan kecepatan aliran udara) keluar orifis, diperoleh hasil sebagai berikut:

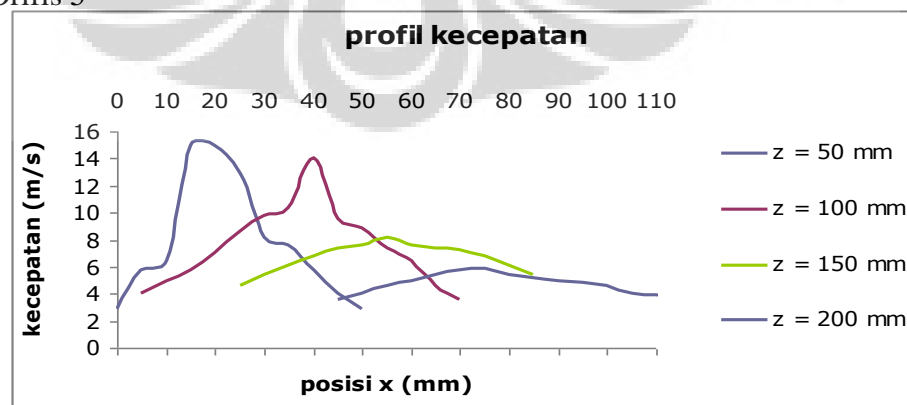
- a) Profil kecepatan udara outlet pada arah orientasi jam 4

Orifis 2



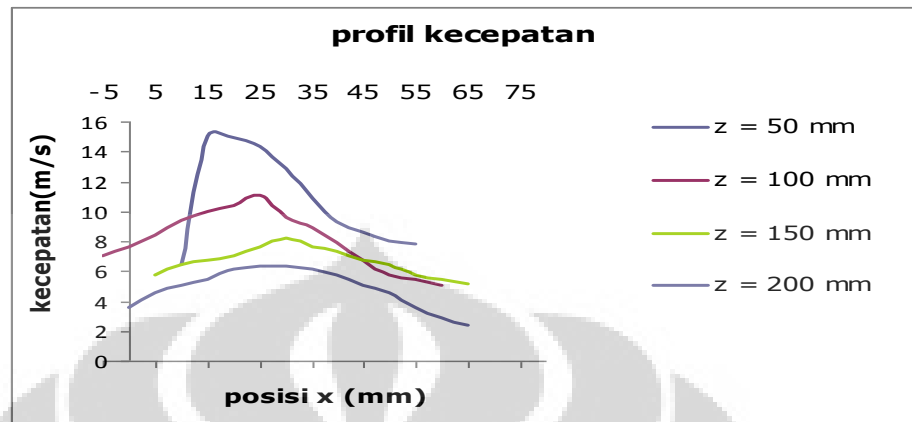
(a)

Orifis 5



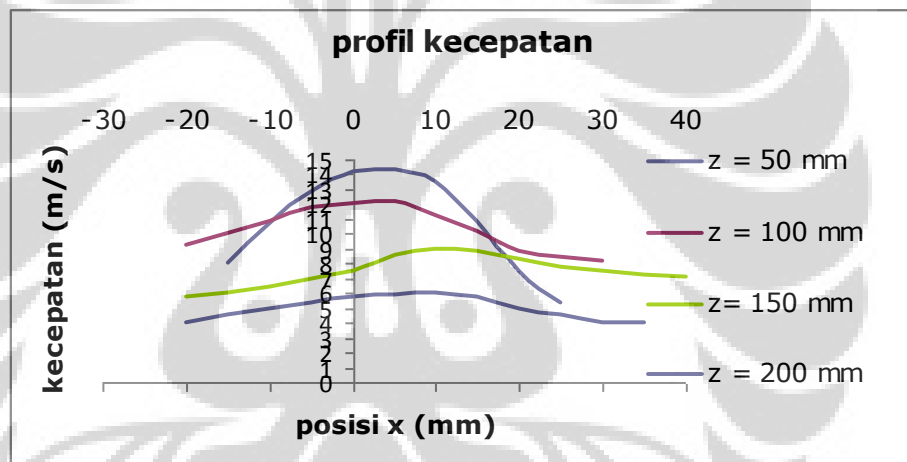
(b)

Orifis 18



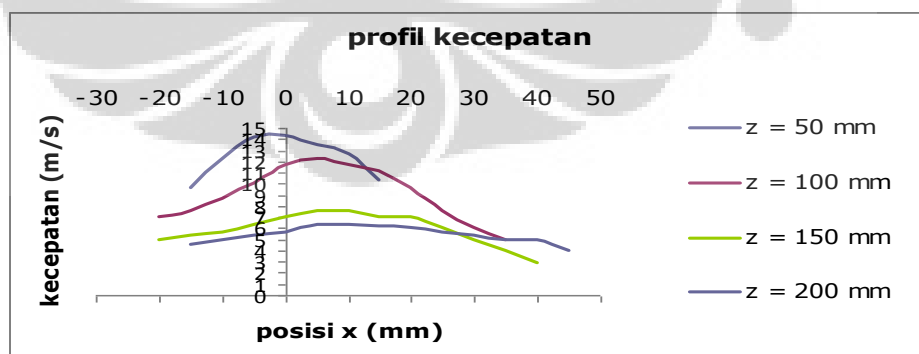
(c)

Orifis 29



(d)

Orifis 30

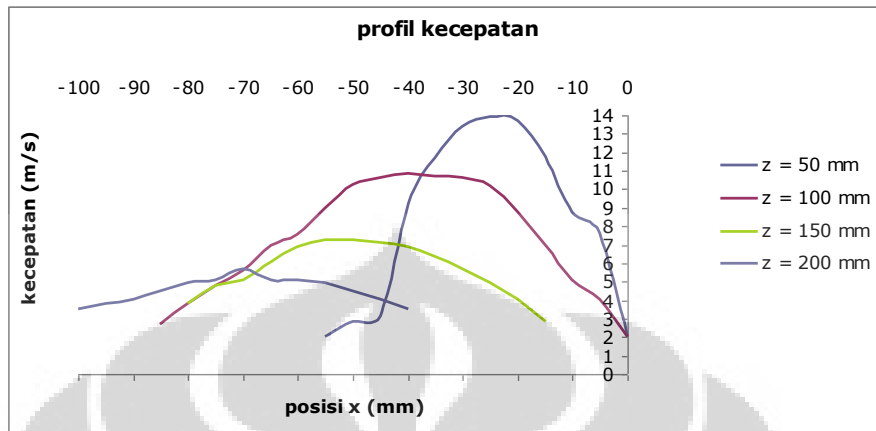


(e)

Gambar 4.2. (a)- (e) Profil kecepatan udara outlet pada outlet jam 4

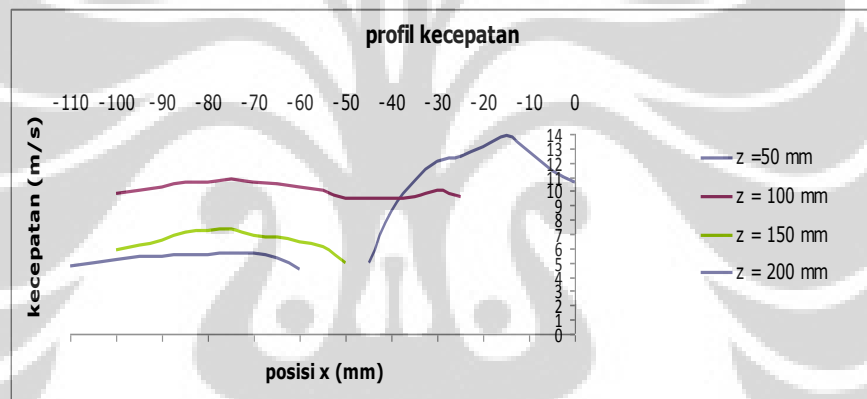
b) Profil kecepatan udara outlet pada arah orientasi jam 8

Orifis 2



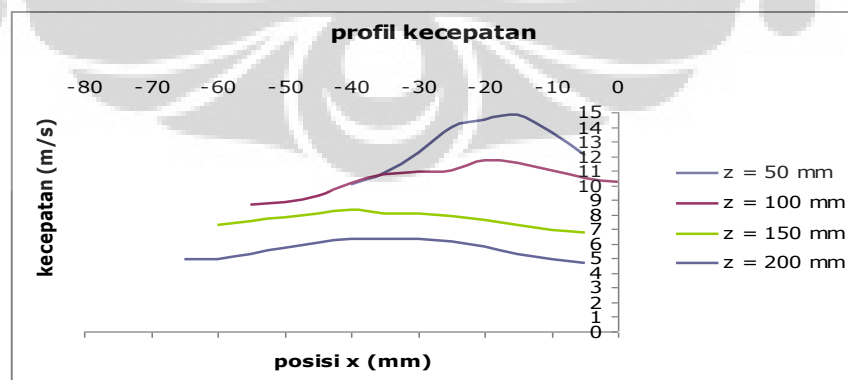
(a)

Orifis 5



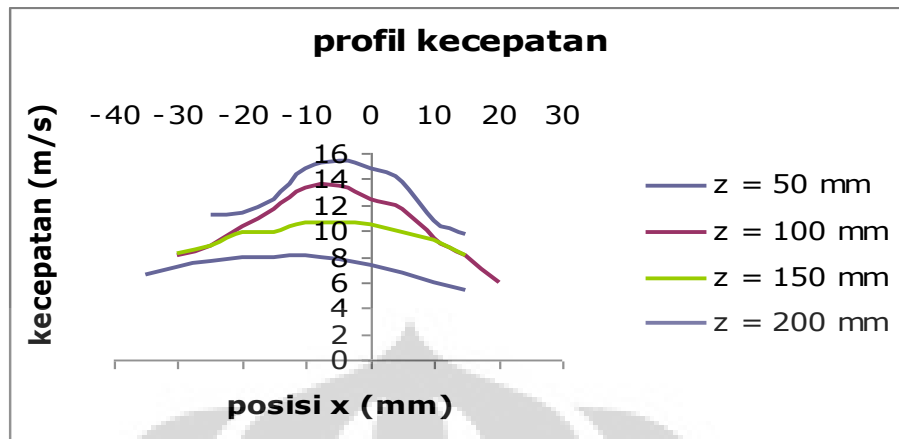
(b)

Orifis 18



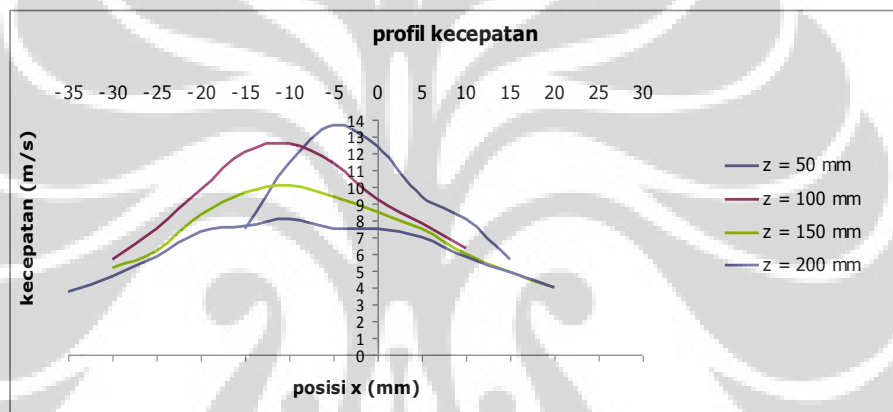
(c)

Orifis 29



(d)

Orifis 30



(e)

Gambar 4.3. (a)- (e) Profil kecepatan udara outlet pada outlet jam 8

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

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

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

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

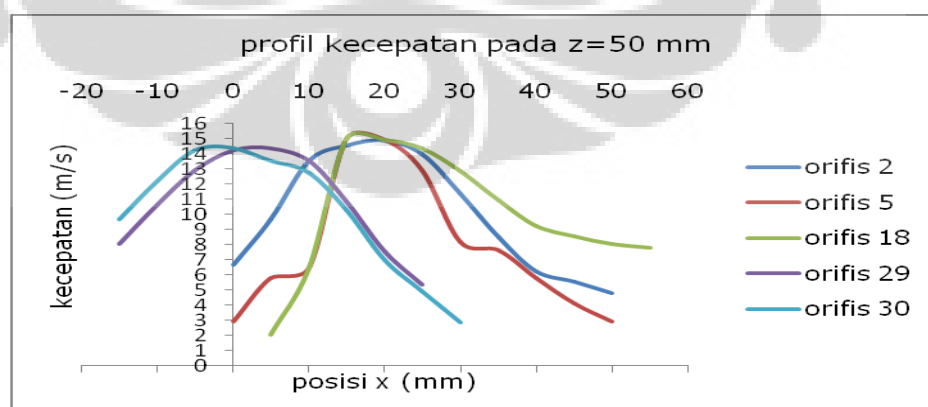
P dinamik	= <i>Pressure differential</i> yang dibaca oleh manometer miring (Pa)
P stagnasi	= Tekanan yang dibaca dari tap stagnasi pitot tube (Pa)
P statik	= Tekanan yang dibaca dari tap statik (Pa)
ρ	= Densitas udara (1.23 kg/m^3)
V	= Kecepatan udara keluar orifis (m/s)

Dari hasil grafik di atas, dapat dilihat bahwa karakteristik dari pola aliran udara yang keluar orifis *textile ducting* memiliki kemiripan pada daerah outlet jam 4 dan jam 8. Sumbu tegak (sumbu- y) menyatakan kecepatan keluar orifis, sumbu mendatar (sumbu- x) menyatakan pergeseran ke arah x- positif dan x- negatif di depan lubang orifis.

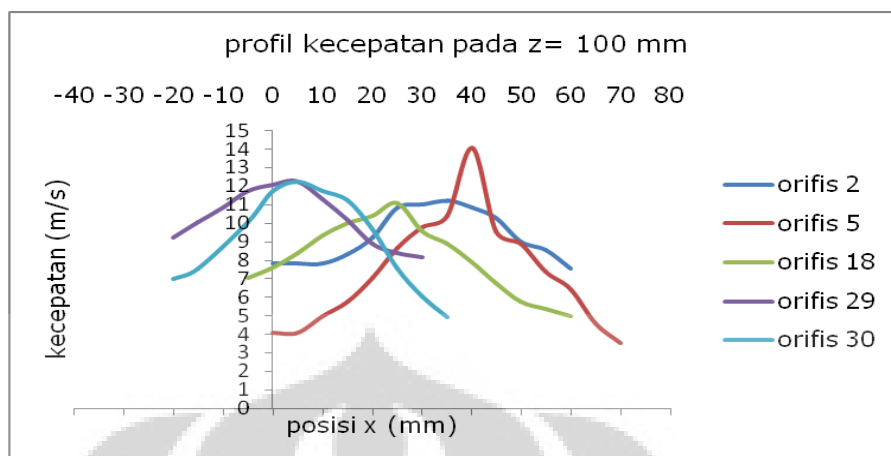
Pembacaan pola aliran udara keluar orifis dilakukan terhadap arah semburan udara keluar orifis. Sehingga perlu diketahui kemiringan arah semburan. Secara keseluruhan, puncak kecepatan dapat dikatakan terjadi pada daerah di tengah semburan atau pusat jet. Hal itu terjadi karena kenaikan tekanan yang diakibatkan oleh akumulasi vortisitas yang paling kuat sehingga menyebabkan gerakan acak partikel fluida yang besar. Semakin jauh dari pusat dan jangkauan semburan udara, efek vortisitas semakin menghilang karena dipengaruhi oleh atmosfer sekitar sehingga terjadi penurunan tekanan.

Dalam kedudukan z yang sama untuk setiap orifis dapat digambarkan sebagai berikut:

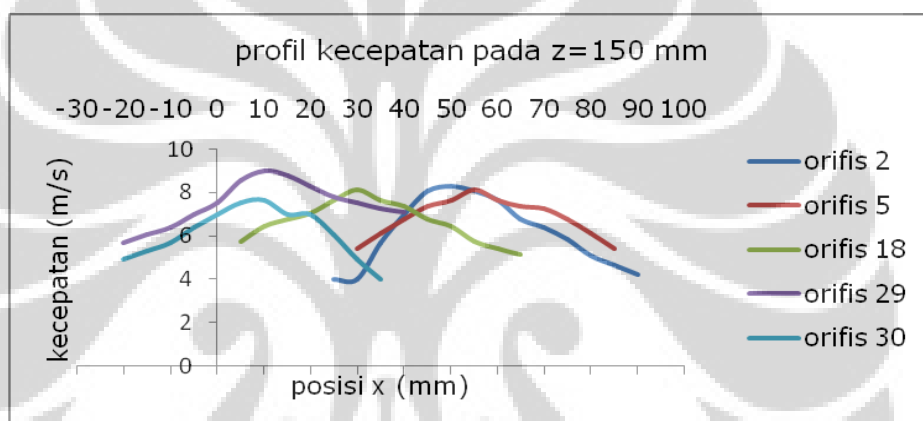
a. Outlet jam 4



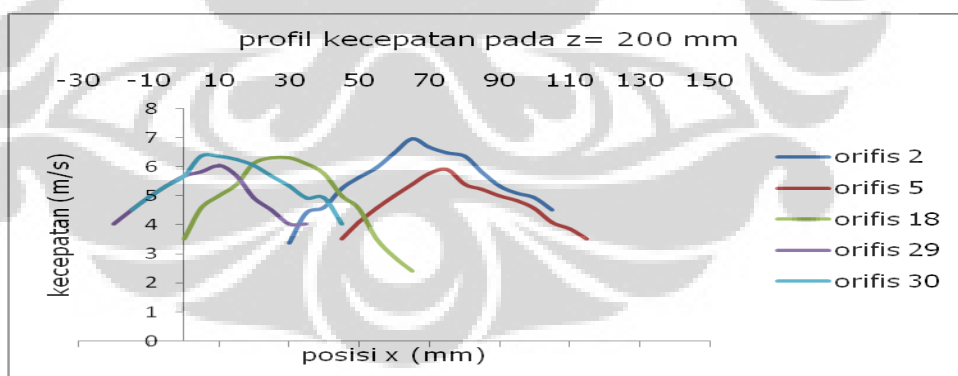
(a)



(b)



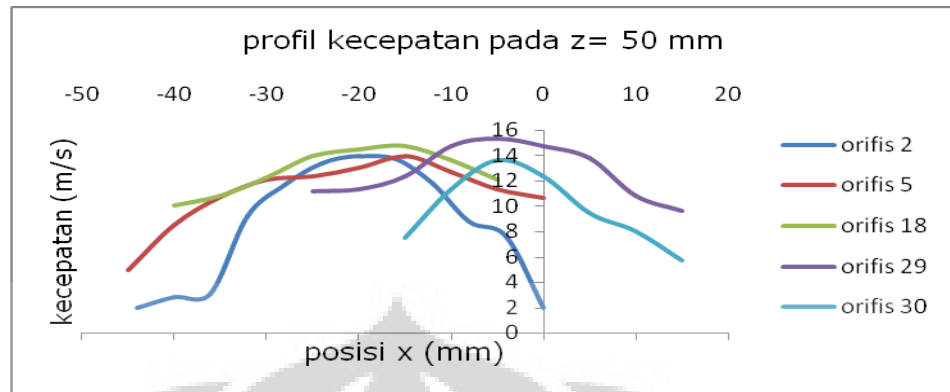
(c)



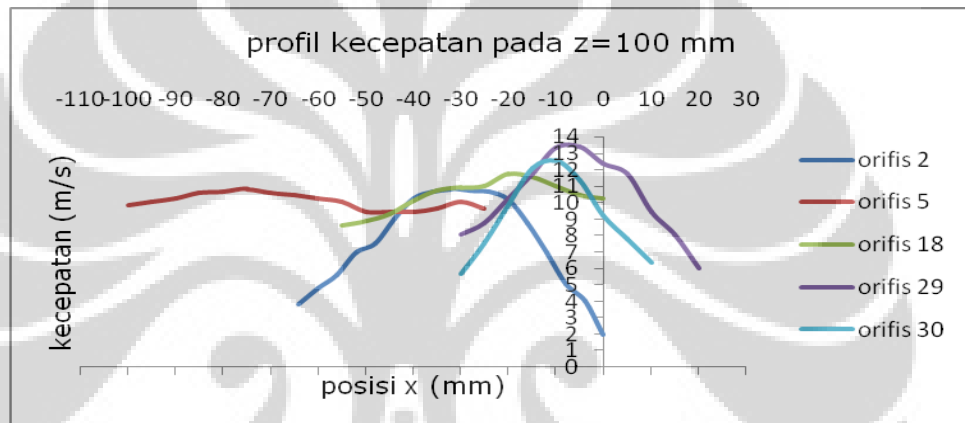
(d)

Gambar 4.4. (a)- (d) Profil kecepatan pada jarak z sama

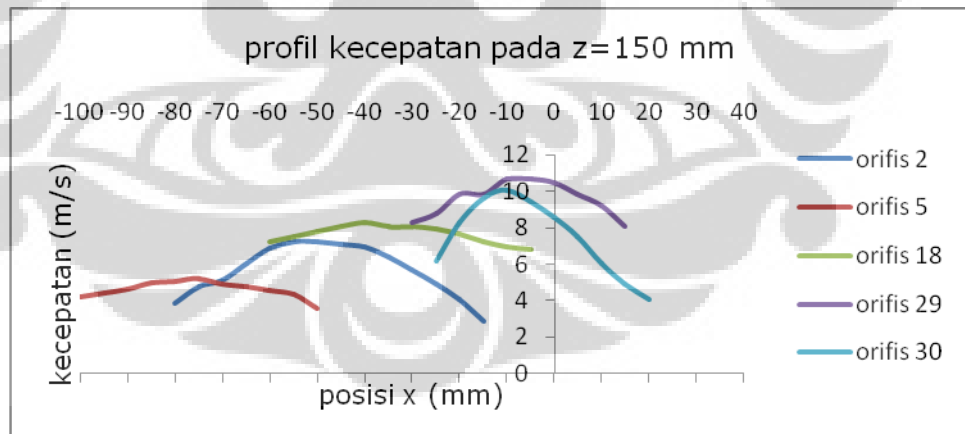
b. Outlet jam 8



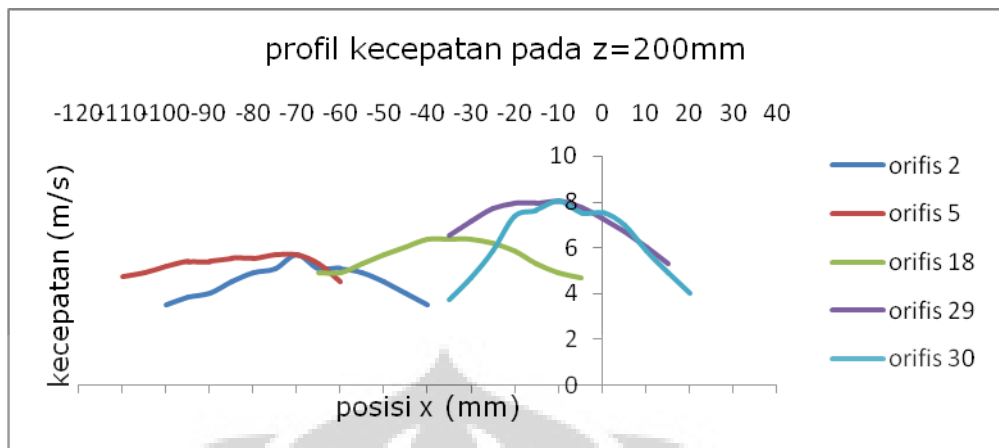
(a)



(b)



(c)



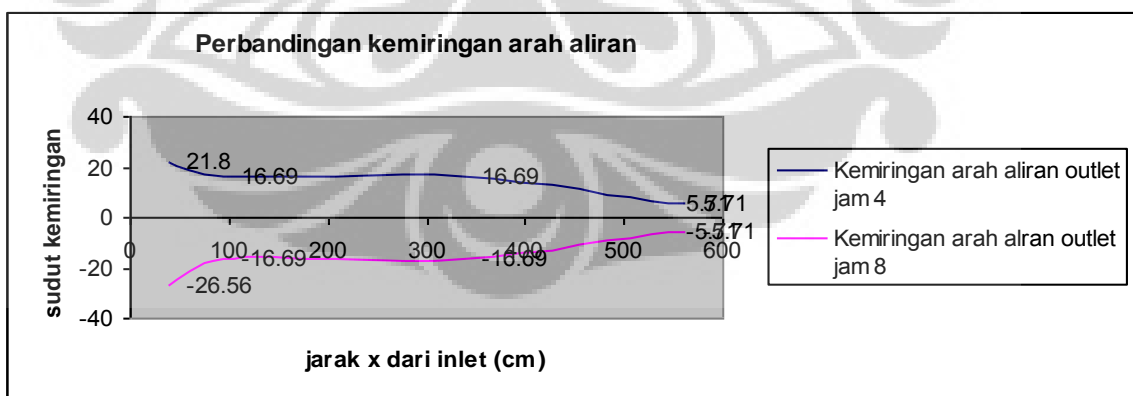
(d)

Gambar 4.5. (a)- (d) Profil kecepatan pada jarak z sama

Dari grafik diatas, terlihat bahwa pola aliran pada kedudukan z yang sama memiliki keserupaan yang sama dalam arah semburan bahwa pada lubang orifis 2 hingga lubang orifis 18, arah semburan tidak radial terhadap pusat orifis. Sementara itu, mulai pada lubang orifis 29 arah aliran udara cenderung mengarah radial.

4.3. Kemiringan arah aliran udara

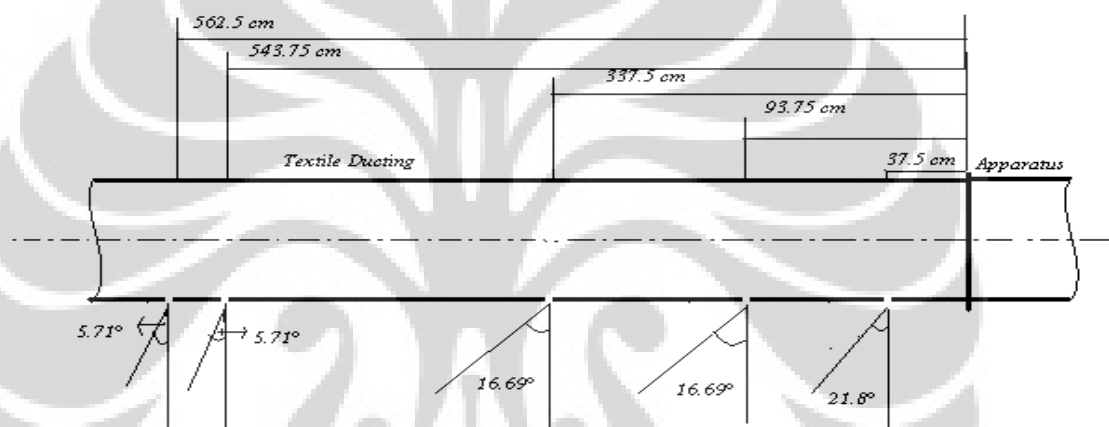
Dengan perhitungan puncak kecepatan yang terjadi pada setiap orifis, sudut kemiringan diperoleh dari perhitungan tangen ($\tan \theta = \text{posisi } z \text{ (puncak kecepatan)} : \text{posisi } x$) diperoleh:



Gambar 4.6. Perbandingan kemiringan aliran
(tanda negatif menunjukkan arah outlet semburan)

Penggunaan pitot tube dalam pengukuran tekanan statik dan dinamik membutuhkan kehati-hatian untuk mendapatkan nilai yang akurat. Dalam praktek, lebih sulit untuk mengukur tekanan statik dari pada tekanan dinamik. Dari hasil perhitungan sudut kemiringan arah aliran udara diatas, terdapat perbedaan di setiap Orifis yang diukur. Hal itu terjadi karena pengaruh dari posisi pengaturan pitot tube. Pergeseran/ pergerakan pitot tube dari posisi pengukuran semula dapat menyebabkan pitot tube kurang sempurna mendapatkan medan aliran udara yang simetris sehingga tekanan yang terukur dapat lebih besar atau lebih kecil dari tekanan yang sesungguhnya.

Ilustrasi kemiringan ke dua outlet dapat digambarkan sebagai berikut:



gambar Ilustrasi kemiringan aliran

Gambar 4.7. Ilustrasi kemiringan aliran

Pada aplikasinya, *throw* (semburan) udara yang keluar dari setiap orifis sebaiknya memiliki keseragaman dalam hal arah semburan, jauhnya jangkauan semburan, dan besarnya kecepatan sehingga *textile ducting* dapat berfungsi dengan baik. Untuk itu mungkin perlu dipasang *volume damper* untuk mengontrol aliran udara di dalam *textile ducting*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

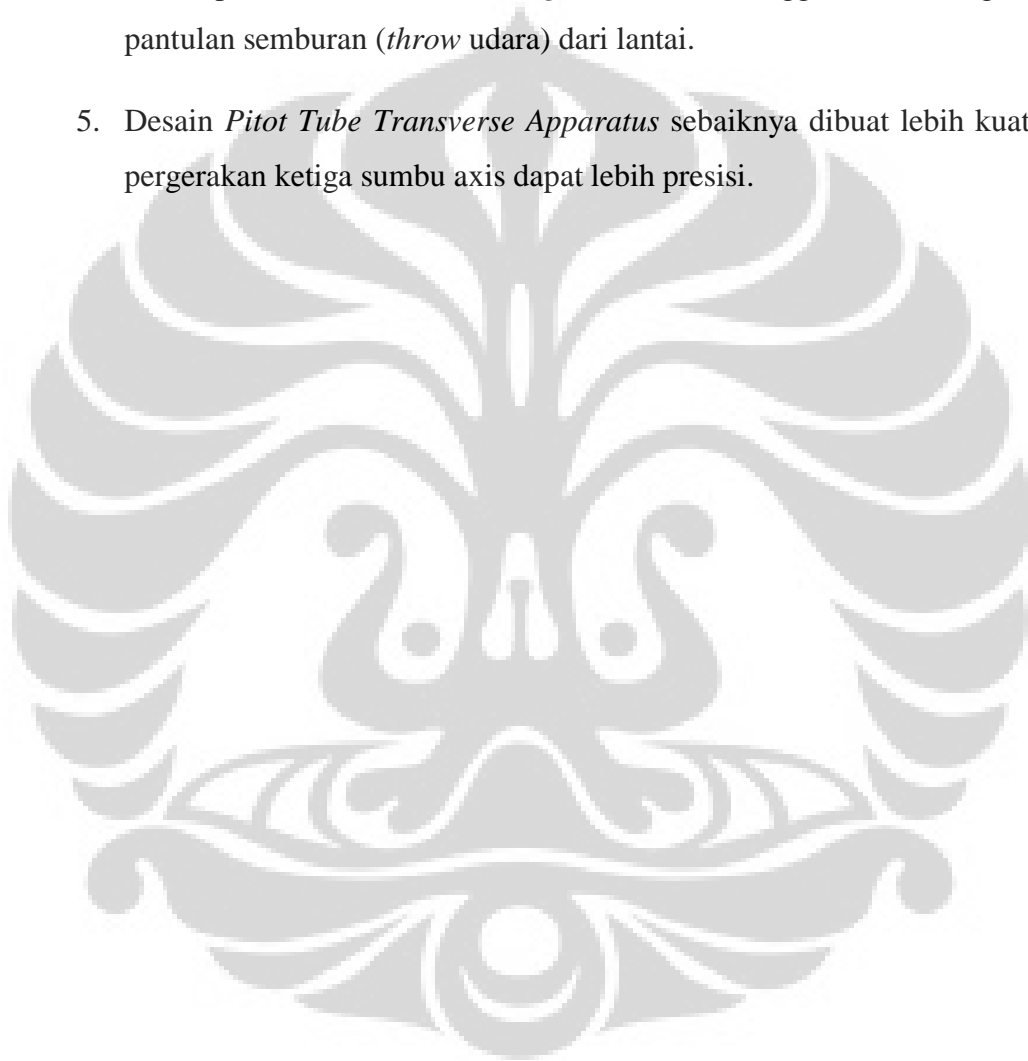
Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Profil kecepatan udara keluar lubang orifis untuk masing- masing orientasi outlet menunjukkan kesamaan bahwa untuk daerah yang dekat dengan pusat lubang orifis memiliki kecepatan paling besar (menunjukkan pusat dari jet/ aliran) akibat efek vortisitas yang tinggi dan kondisi sebaliknya pada daerah yang semakin jauh dari pusat jet.
2. Arah semburan udara keluar lubang orifis *textile ducting* pada jarak $(x) < 543,75$ cm (dari *inlet textile*) tidak mengarah tegak lurus (radial) terhadap pusat lubang orifis sementara itu pada jarak $(x) \geq 543,75$ cm lebih cenderung kearah tegak lurus (radial) terhadap pusat orifis.
3. Pada jarak pengukuran sama (arah sumbu- z atau mundur dari pusat orifis), masing- masing outlet memiliki karakter yang sama yaitu arah arah semburan tidak radial pada daerah (dari *inlet*) depan dan cenderung mengarah radial pada daerah bagian belakang.
4. Kecepatan dinamik pada daerah pengukuran jarak (x) yang jauh dari *inlet textile ducting* mengalami penurunan kecepatan karena gesekan.
5. *Pitot Tube Transverse Apparatus* di desain dengan skala mm. Untuk penggunaan pengukuran aliran pada posisi-x positif dan negatif (terhadap pusat orifis) masih menunjang karena lebar jangkauan semburan tidak terlalu jauh sementara itu untuk pengukuran pada posisi-z (mundur) kurang memiliki jangkauan yang jauh.

5.2. SARAN

1. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan sampai yang jauh lebih besar dari kecepatan pada desain *textile ducting* sehingga dapat diketahui terjadinya *damper*.

2. Penelitian dilakukan dengan pengukuran debit aliran sehingga dapat diketahui pengaruh jarak orifis (dari *inlet*) terhadap debit aliran yang dihasilkan.
3. .Alat ukur tekanan yang digunakan sebaiknya memiliki tingkat keakurasian yang tinggi (misal alat ukur digital).
4. Posisi peletakkan *textile ducting* dibuat lebih tinggi untuk menghindari pantulan semburan (*throw udara*) dari lantai.
5. Desain *Pitot Tube Transverse Apparatus* sebaiknya dibuat lebih kuat dan pergerakan ketiga sumbu axis dapat lebih presisi.



DAFTAR PUSTAKA

Bruce R. Munson, Donald F. Young., 2003 “Mekanika Fluida”,Jilid 1.
Edisi ke 4. Jakarta: Penerbit Erlangga

Ductsox, Fabric Air Dispersion Products. Engineering and Design
Manual

ME 425 - Air Distribution & *ASHRAE Outlet Selection*

Ogawa Seiki Co., LTD. “Instruction Manual For Airflow Demonstration
Apparatus

SMACNA., “Testing, Adjusting, & Balancing. SHEET METAL AND
AIR CONDITIONING CONTRACTORS’ NATIONAL
ASSOCIATION, INC

Stephen P. Kavanaugh., “HVAC Simplified

www.engineeringtoolbox.com

www.omega.com. MEASURING AIR FLOW in Ducts, Pipes, Hoods
and Stacks

www.tpub.com. Article about Inclined Manometer

