



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK ALIRAN UDARA
KELUARORIFICE *TEXTILE DUCTING* UJUNG
TERTUTUP DITINJAU DARI VISUALISASI ALIRAN
DAN GETARAN**

SKRIPSI

RIZKI ANANDA PUTRA

0606073543

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



UNIVERSITAS INDONESIA

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

RIZKI ANANDA PUTRA

0606073543

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 VISUALISASI ALIRAN DAN GETARAN

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 Panji Arum Bismantoko sehingga ada beberapa hal yang mempunyai kemiripan dalam hal penulisan.

Nama : Rizki Ananda Putra

NPM : 0606073543

Tanda Tangan : 

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Rizki Ananda Putra
NPM : 0606073543
Program studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Karakteristik Aliran Udara Keluar
Orifice Textile ducting Ujung
Tertutup Ditinjau dari Visualisasi Aliran dan
Getaran

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 dankarunia dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukandalam 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. Teman satu topik Skripsi , Panji Arum Bismantoko, yang sudah berjuang bersama menuntaskan skripsi ini walaupun penuh masalah yang kita hadapi.
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. Semoga persahabatan ini akan terus berjalan walau kita sudah mempunyai jalan masing-masing.
5. Teman-teman ‘yang selalu ,memberi semangat, dukungan, motivasi perhatian yang tidak henti-hentinya baik dalam bentuk pikiran, tenaga maupun fasilitas, dalam pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat diselesaikan tepat waktu,
6. Oktafinaldo Syafza, Nanda Sani, dan yang lainnya (maaf penulis tidak dapat menyebutkan satu persatu) terima kasih atas doa, dukungan dan

semua yang telah teman - teman berikan kepada penulis, doa dan semua yang telah teman berikan sangat berarti sekali bagi penulis

Ucapan Terima Kasih yang sangat khusus ditujukan kepada kedua Orang Tua Penulis. Drs. Ali Umar dan Dra. Anis Hamida yang selalu sabar dalam mendidik penulis,yang tidak pernah bosan memberikan nasehat ,pelajaran dan kasih sayang yangtidak ternilai harganya pasti tidak bisa terbalaskan oleh penulis dan semua hal telah diberikan sehingga menjadikan penulis menjadi seperti saat ini.

Ucapan Terima Kasih juga ditujukan kepada saudara-saudari. Selvi Harvia Santri dan Rahmalia Desri Hidayani yang mana selalu memberikan perhatian kepada penulis, Terima kasih juga kepada para kerabat,sanak saudara

Semoga Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang berkenan membalas segala kebaikansemua 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,Amin.

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 : Rizki Ananda Putra
NPM : 0606073543
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 VISUALISASI
ALIRAN DAN GETARAN**

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 :



Rizki Ananda Putra

Abstrak

Nama : Rizki Ananda Putra
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Karakteristik Aliran Udara Keluar *OrificeTextile ducting*
Ujung Tertutup Ditinjau dari Visualisasi Aliran dan Getaran

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 memakai *high speed camera*. Data yang ditangkap untuk menganalisa arah semburan menggunakan kamera DSLR Nikon dan diolah menggunakan software imageJ sehingga dapat terlihat arah aliran semburan keluar *orifice* yang menggunakan asap sebagai medianya. Tujuan berikutnya adalah untuk mengetahui getaran yang terjadi pada *orificetextile ducting* dengan menggunakan *high speed camera*. Pengukuran getaran dilakukan pula dengan menggunakan software ImageJ dengan melihat perubahan pixel setiap gambar *per milisecon*. Hasil yang didapat menunjukkan adanya perubahan arah semburan menjadi lebih radial mulai dari *orifice* 16 hingga *orifice* 32. Getaran yang terjadi pada *textile ducting* tidak terlalu signifikan getaran yang terjadi.

Kata kunci : *textile ducting, orifice, high speed camera, fog machine*

Abstract

Name : Rizki Ananda Putra

Study Program : Teknik Mesin

Title : Characteristic of air flow out at orifice textile ducting end-cap based on flow visualization and vibration

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 of end cap with used high speed camera. Data which had captured for analyze the air flow outburst used Nikon DSLR camera and process it using ImageJ so the direction of air flow burst outlet at orifice that used smoke as the media can be known. Next objective of this research is to find out the vibration that occurred at orifice textile ducting. Vibration measurement also processed using ImageJ software which can be determines by the changes of pixel every image per milisecon. The results show there are changes of air flow outburst direction from orifice. It becomes more radial from orifice 16 to orifice 32. The vibration that occurred at orifice textile duct shows is not too significant.

Key words : textile ducting, orifice, high speed camera, fog machine

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
Abstrak.....	viii
Abstract.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	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	2
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	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. DESAIN <i>DUCTING</i>	14
2.2.1 <i>Losses</i> tekanan statik.....	14
2.2.2 Friction Factor.....	15
2.3. VISUALISASI ALIRAN dan GETARAN	17
2.3.1. Visualisasi Aliran.....	17
2.3.2 Getaran	18
BAB 3	21

METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2. Peralatan uji	22
3.2.1 <i>Textile ducting</i>	22
3.2.2 Desain <i>textile ducting</i>	25
3.3. <i>Pitot tube</i> Transverse Apparatus	29
3.4. Metode pengambilan data	31
3.4.1 Visualisasi arah aliran udara keluar <i>orificetextile ducting</i>	31
BAB 4	34
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. ANALISA VISUALISASI ALIRAN	34
4.2 ANALISA GETARAN	42
BAB 5	53
KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1. KESIMPULAN.....	53
DAFTAR ACUAN	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	56

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. 9 Penentuan arah orientasi outlet udara keluar <i>orifice</i>	11
Gambar 2. 7 Model <i>high-throw</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. 18 Bentuk gerak getaran sederhana.....	18
Gambar 2. 19 gerak harmonik sederhana dengan periode T dan amplitudo A....	19
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian	21
Gambar 3. 2 Desain rancangan <i>textile ducting</i>	22
Gambar 3. 3. <i>Evaporator</i>	23
Gambar 3. 4 Skema pemasangan <i>drift eliminator</i>	23
Gambar 3. 5 <i>Straightener</i> pada <i>apparatus</i>	24
Gambar 3. 6 Rangka <i>duct</i>	24
Gambar 3. 7 Penentuan orientasi outlet	28
Gambar 3. 8 <i>Pitot tube Transverse Apparatus</i>	29
Gambar 3. 9 Pergerakan sumbu- x.....	29
Gambar 3. 10 Pergerakan sumbu-y.....	30
Gambar 3. 11 Pergerakan sumbu- z.....	30
Gambar 3. 12 Pengatur sudut kemiringan.....	31
Gambar 3. 13 <i>High speed camera</i>	32
Gambar 3. 14 Kamera DSLR Nikon.....	32
Gambar 3. 15 Ilustrasi pemasangan <i>fog machine</i>	33
Gambar 3. 16 <i>Fog machine</i>	33
Gambar 4. 1 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 3	34
Gambar 4. 2 Visualisasi Semburan aliran <i>orifice</i> 9	35
Gambar 4. 3 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 16	35
Gambar 4. 4 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 23	36
Gambar 4. 5 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 30	36
Gambar 4. 6 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 3	37
Gambar 4. 7 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 9	38
Gambar 4. 8 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 16	38
Gambar 4. 9 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 23	39
Gambar 4. 10 Visualisasi semburan aliran <i>orifice</i> 30	40
Gambar 4. 11 Dilihat dari atas	40
Gambar 4. 12 Dilihat dari ujung <i>ducting</i> arah jam 4	41
Gambar 4. 13 Dilihat dari ujung <i>ducting</i> arah jam 8	41

Gambar 4. 14 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 3 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=170$ dan $y=122$	42
Gambar 4. 15 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 3 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=170$ dan $y=121$	43
Gambar 4. 16 Gelombarn getaran yang terjadi pada <i>orifice</i> 3.....	43
Gambar 4. 17 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 9 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=138$ dan $y=121$	44
Gambar 4. 18 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 9 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=138$ dan $y=120$	45
Gambar 4. 19 Gelombang getaran pada <i>orifice</i> 9.....	45
Gambar 4. 20 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 16 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x= 325$ dan $y=123$	46
Gambar 4. 21 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 23 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x= 167$ dan $y=142$	47
Gambar 4. 22 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 30 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x= 301$ dan $y=123$	47
Gambar 4. 23 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 3 jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x= 485$ dan $y=60$	48
Gambar 4. 24 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 3 jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x= 485$ dan $y=61$	49
Gambar 4. 25 Gelombang dari getaran yang terjadi pada <i>orifice</i> 3 arah jam 8....	49
Gambar 4. 26 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 9 jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x= 336$ dan $y=63$	50
Gambar 4. 27 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 9 jam 8 dengan perubahan pixel tetap $x= 336$ dan $y=63$	50
Gambar 4. 28 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 16 jam 8 dengan pixel $x= 348$ dan $y=74$	51
Gambar 4. 29 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 23 jam 8 dengan pixel $x= 598$ dan $y=64$	51
Gambar 4. 30 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada <i>orifice</i> 30 jam 8 dengan pixel $x= 448$ dan $y=134$	52

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	25
Tabel 3. 2 Perhitungan tekanan di dalam <i>textile ducting</i>	27
Tabel 3. 3 Perhitungan desain <i>orificetextile ducting</i>	27
Tabel 4. 1 Frekuensi pada <i>orifice</i> 3.....	44
Tabel 4. 2 Frekuensi yang terjadi pada <i>orifice</i> 9	46
Tabel 4. 3 Frekuensi dari getaran pada <i>orifice</i> 3 arah jam 8.....	49



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>ΔP : 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>γ : Berat jenis</i>	(N/m ³)
<i>h : Head ketinggian</i>	(m)
<i>P : Pressure</i>	(Pa)
<i>ρ : Density</i>	(kg/m ³)
<i>Q : Flowrate</i>	(m ³ /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 *orificetextile ducting* dengan ujung tertutup. Hal yang akan diteliti berupa :

- a. Arah semburan aliran dengan visualisasi aliran menggunakan high speed camera
- b. Getaran yang teerjadi di *orifice*

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 visualisasi aliran digunakan 1 putaran *blower* 2200 rpm yang berdasar pada variasi putaran *blower* pada penelitian sebelumnya oleh saudara Panji Arum Bisamntoko.
2. Analisa getaran berdasar hasil data dari *high speed camera*

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**

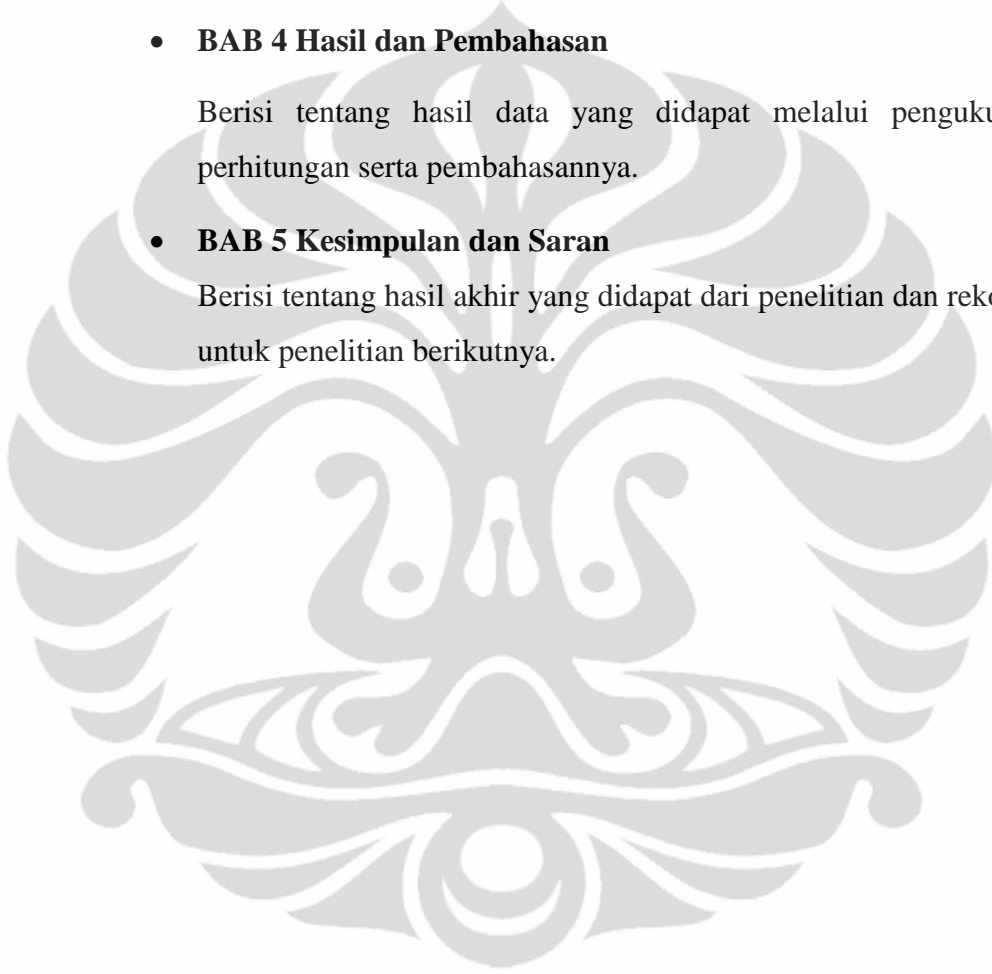
Berisi tentang *eksperimental set-up* dan metode pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian.

- **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 ke suatu 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
- Berbagai 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)

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 diperhatikan.

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

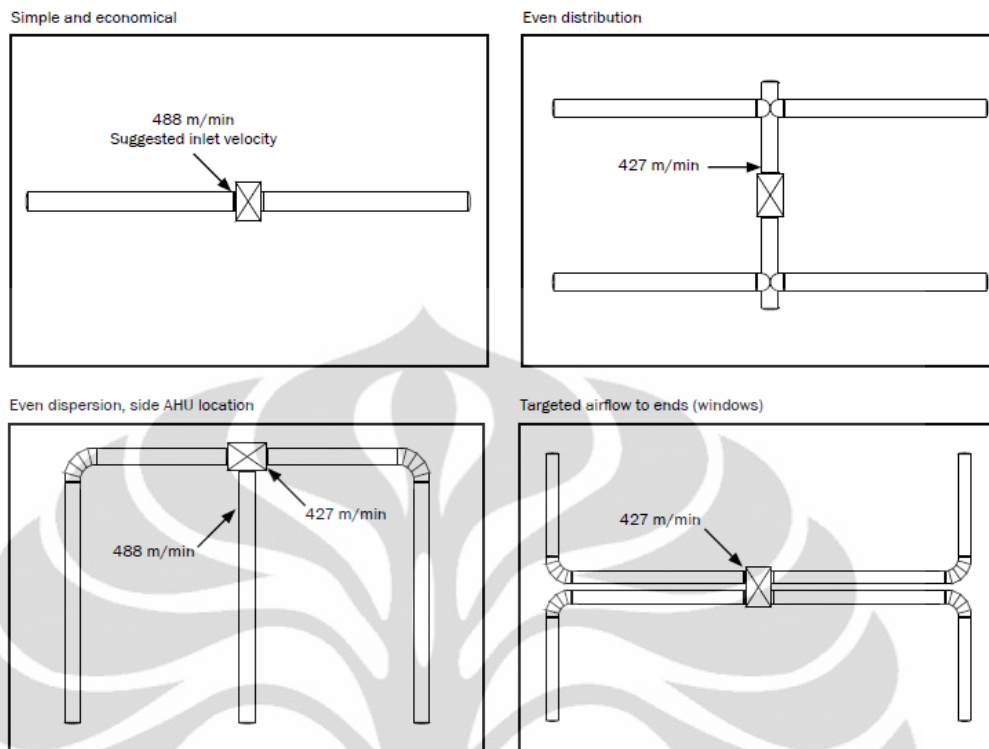


Gambar 2.3 *Textile ducting surface mount*

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
406	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	119.8
610	89.0	106.8	124.5	142.3
660	104.4	125.3	146.2	167.0
711	121.1	145.3	169.5	193.7
762	139.0	166.8	194.6	222.4
813	158.2	189.8	221.4	253.0
864	178.5	214.2	250.0	285.7
914	200.2	240.2	280.2	320.3
965	223.0	267.6	312.2	356.8
1016	247.1	298.5	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
1676	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

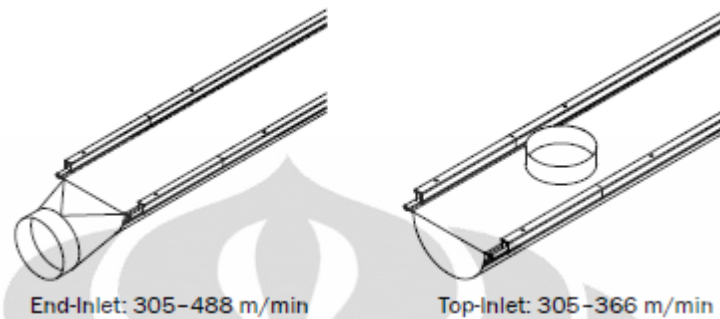
(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

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.

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)*

$$AP = ISP 1 + 0.66 (VP - VL) \text{ (Pa)} \quad (2.1)$$

(*Ductsox, Fabric Air Dispersion Products*)

ISP 1 = *Inlet Statik 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

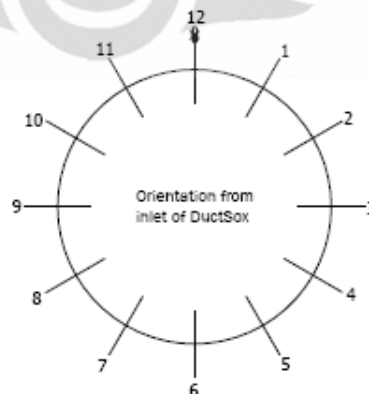
Udara dialirkan melalui bahan permeable untuk mengurangi kecepatan udara kurang dari 30 FPM. Model ini cocok untuk lingkungan pabrik makanan yang membutuhkan distribusi udara seragam dan udara filtrasi.[7]



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*).

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*.

Tabel 2.3 Penentuan jumlah *airflow per orifice* (cfm/ea)

Orifice Size (mm)	AP (Pa)	Airflow (m ³ /min)	Velocity (m/min)		
			45.7	30.5	15.2
13	82	0.046	0.9	1.2	2.4
	124	0.066	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	82	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 SG2	82	0.743	3.4	4.9	9.8
	124	1.051	4.6	7.0	13.7
	187	1.267	5.8	8.5	17.1
	249	1.486	6.4	9.8	19.5
	311	1.662	7.3	11.0	21.9
64	82	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	2.323	8.2	12.2	24.4
	311	2.597	9.1	13.7	27.4
76 SG3	82	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	3.345	9.8	14.6	29.3
	311	3.740	11.0	16.5	32.9
102	82	2.973	6.4	9.8	19.5
	124	4.204	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	14.8	21.9	43.9
127	82	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	10.367	18.3	27.4	54.6

16.8+ Indicates theoretical throw value

(Sumber: Ductsox, Fabric Air Dispersion Products)

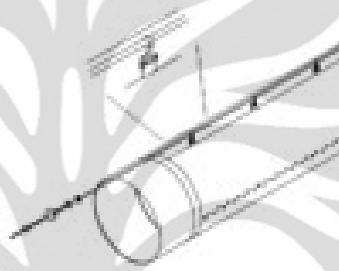
2.1.1.5. Sistem suspensi

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 2.10Sistem 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 2.11Sistem suspensi 3 x 1 *suspension*
(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*.

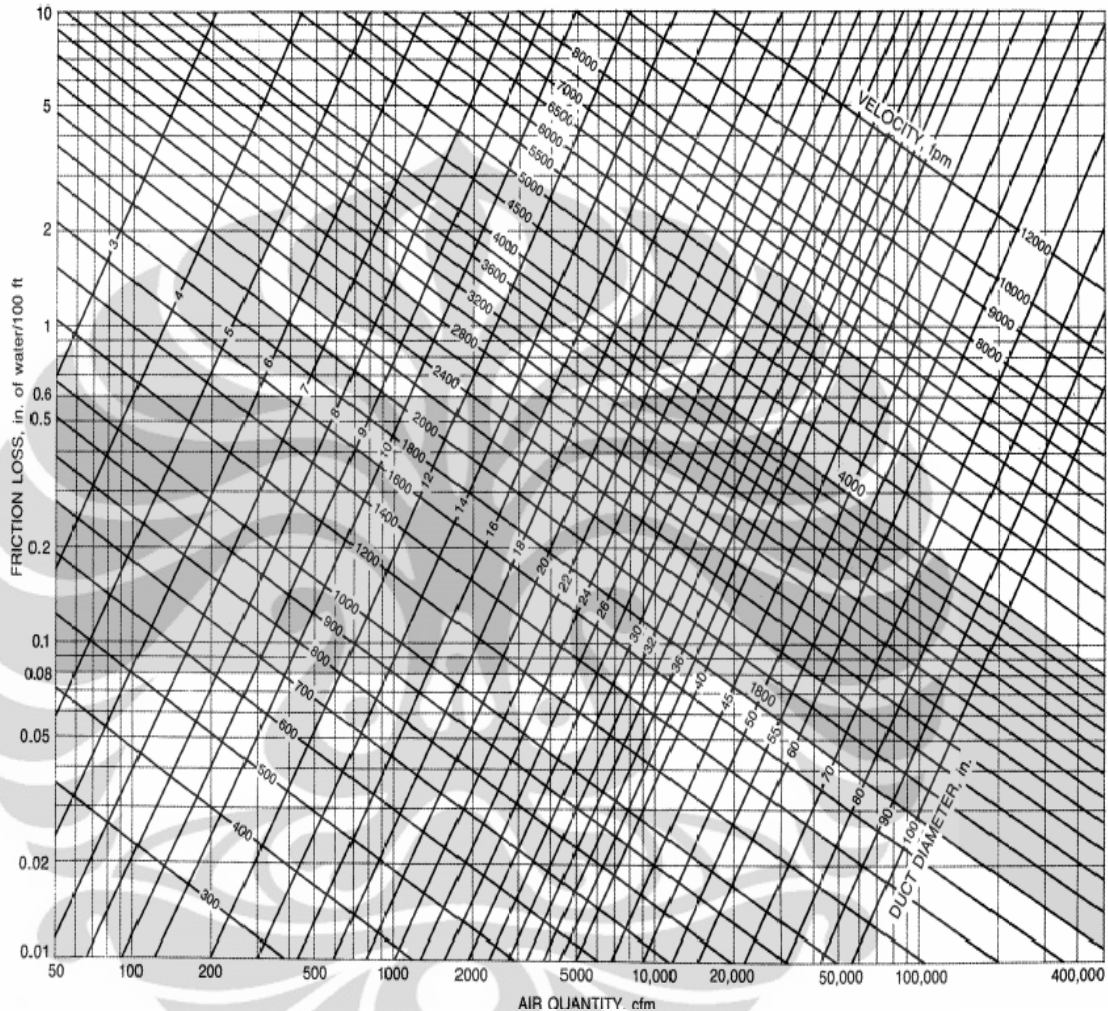
Losses karena gesekan ditentukan dengan:

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

(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 didalamnya 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 δs 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.

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

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

(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* Δp .

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

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

l = length of the pipe

D = diameter of the pipe

V = average velocity of the fluid

ρ = 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. VISUALISASI ALIRAN dan GETARAN

2.3.1. Visualisasi Aliran

Visualisasi adalah rekayasa dalam pembuatan gambar, diagram atau animasi untuk penampilan suatu informasi. Secara umum, visualisasi dalam bentuk gambar baik yang bersifat abstrak maupun nyata telah dikenal sejak awal dari peradaban manusia. Contoh dari hal ini meliputi lukisan di dinding-dinding gua dari manusia purba, bentuk huruf hieroglif Mesir, sistem geometri Yunani, dan teknik pelukisan dari Leonardo da Vinci untuk tujuan rekayasa dan ilmiah.

Pada saat ini visualisasi telah berkembang dan banyak dipakai untuk keperluan ilmu pengetahuan, rekayasa, visualisasi disain produk, pendidikan, multimedia interaktif, dan kedokteran. Pemakaian dari grafika komputer merupakan perkembangan penting dalam dunia visualisasi, setelah ditemukannya teknik garis perspektif pada zaman Renaissance. Perkembangan bidang animasi juga telah membantu banyak dalam bidang visualisasi yang lebih kompleks dan canggih.

Visualisasi aliran dalam mekanika fluida bertujuan untuk mengetahui bentuk dari aliran yang divisualisasikan sehingga akan didapatkan informasi dari bentuk aliran tersebut untuk dianalisa lebih lanjut. Untuk divisualisasikan aliran dapat digunakan berbagai cara dan media seperti menggunakan asap.

Penggunaan asap sebagai media untuk divisualisasikan aliran telah menjadi suatu yang standar saat ini. Akan tetapi, diperlukan syarat yang harus dipenuhi untuk memakai asap sebagai media visualiasi aliran.

Syarat-syarat yang dipenuhi adalah ;

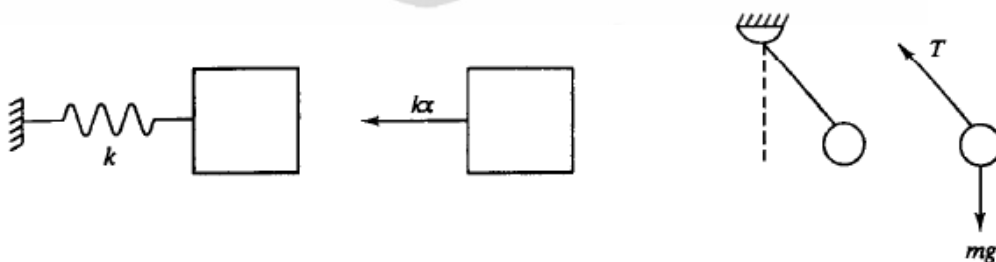
1. Tidak beracun
2. Tidak mudah tercampur dengan fluida yang ingin divisualisasikan

2.3.2 Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik yang ada di sekitar titik keseimbangan di mana kuat lemahnya dipengaruhi besar kecilnya energi yang diberikan.

Keseimbangan di sini maksudnya adalah keadaan dimana suatu benda berada pada posisi diam jika tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Getaran mempunyai amplitudo (jarak simpangan terjauh dengan titik tengah) yang sama. satu getaran frekuensi adalah satu kali gerak bolak-balik penuh.

Getaran juga bisa didefinisikan dengan fluktuasi perpindahan sistem atau struktur mekanikal dari acuan posisi kesetimbangan. Getaran dimulai ketika terjadinya perpindahan elemen dari posisi kesetimbangan yang dipengaruhi oleh sumber dari luar. Suatu gaya balik atau momen akan menarik elemen yang berpindah tersebut kembali ke posisi setimbangnya.

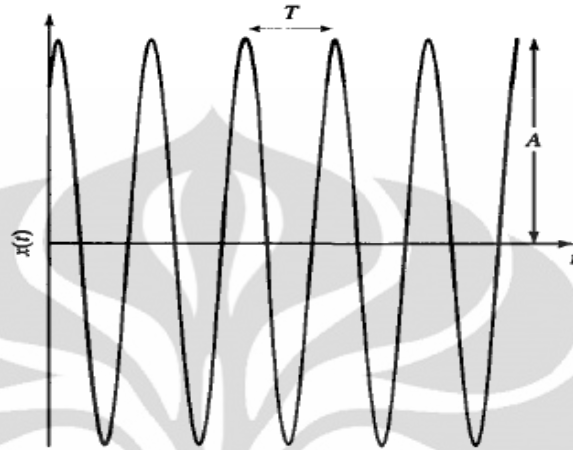


Gambar 2.13 Bentuk gerak getaran sederhana

(sumber :Fundamentals Of Mechanical Vibrations, S.G Kelly)

Seperti contoh yang diperlihatkan gambar diatas, terjadi suatu perpindahan dari posisi setimbang ketika elemen tersebut dilepas dari posisi pegas yang berada

pada posisi tarik maka gaya tarik dari pegas akan menariknya kembali pada posisi setimbangnya. Dan, seiring pula terjadinya konversi energy potensial menjadi energi kinetik.



Gambar 2.14 gerak harmonik sederhana dengan periode T dan amplitudo A

(sumber :Fundamentals Of Mechanical Vibrations, S.G Kelly)

Gambar diatas merupakan suatu contoh gerakan harmonik yang periode osilasinya dari titik setimbang. Setiap osilasi merupakan satu gelombang, untuk suatu gerak harmonik sederhana satu periode diperlukan untuk mencapai satu gelombang, yang mana periodenya konstan.

Hal-hal yang diperhatikan dalam menganalisa getaran adalah;

a. Amplitudo

Amplitudo adalah simpangan terbesar dihitung dari kedudukan seimbang. Amplitudo diberi simbol A , dengan satuan meter.

b. Periode Getaran

Periode adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali getaran. Rumus untuk mencari periode adalah angka 1 dibagi jumlah frekuensi dengan satuan detik / sekon.

c. Frekuensi Getaran

Frekuensi adalah banyaknya getaran yang terjadi dalam kurun waktu satu detik. Rumus frekuensi adalah jumlah getaran dibagi jumlah detik waktu.

Frekuensi memiliki satuan hertz / Hz

d. Hubungan antara Periode dan Frekuensi Getaran

Dari definisi periode dan frekuensi getaran dapat diperoleh hubungan :

$$\frac{1 \text{ getaran}}{f \text{ getaran}} \cdot 1 \text{ sekon} = \frac{1}{f} \text{ sekon}$$

$$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow T = \frac{1}{f} \quad (2.15)$$

(sumber :Fundamentals Of Mechanical Vibrations, S.G Kelly)

Jenis Getaran

Getaran terbagi atas 2 kategori antara lain :

1. Getaran Bebas.

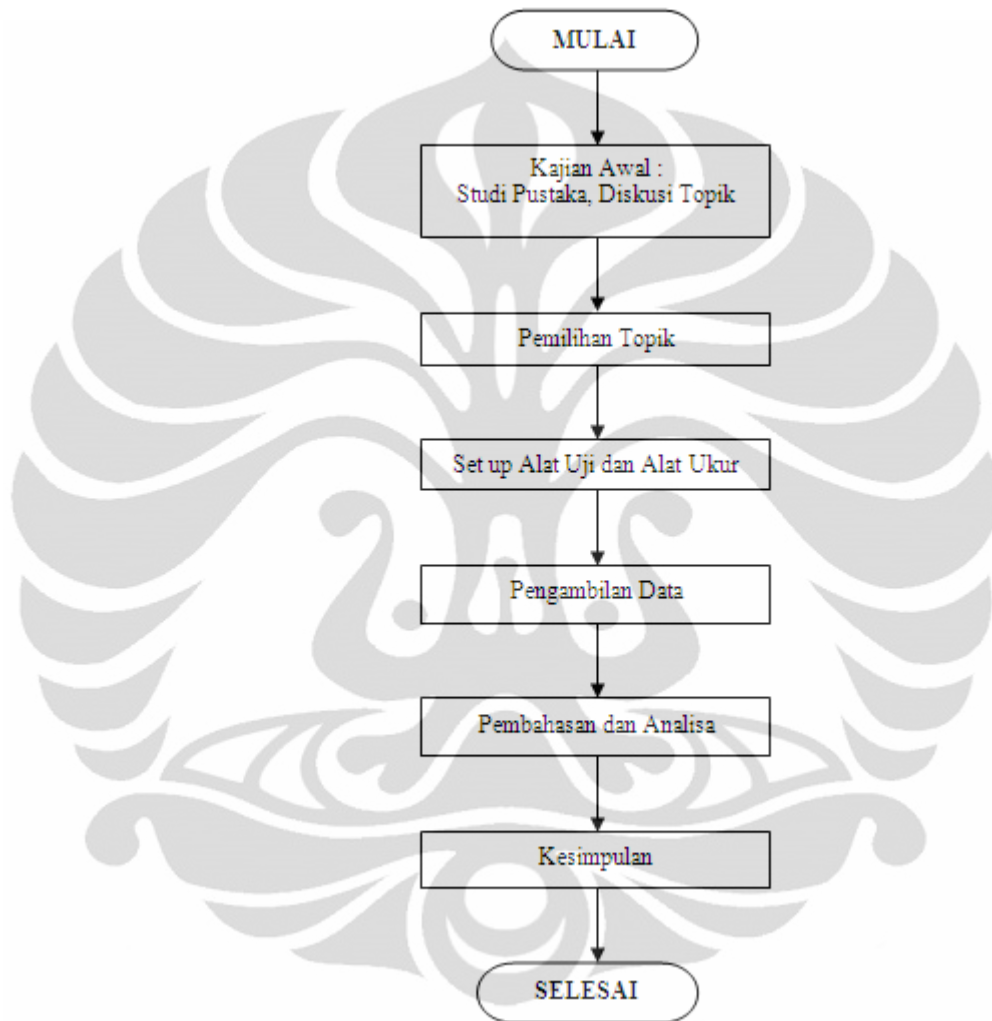
Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (inherent), dan jika ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekuatannya. Semua sistem yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar.

2. Getaran Paksa

Getaran paksa adalah getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar, jika rangsangan tersebut berosilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Kerusakan pada struktur besar seperti jembatan, gedung ataupun sayap pesawat terbang, merupakan kejadian menakutkan yang disebabkan oleh resonansi. Jadi perhitungan frekuensi natural merupakan hal yang utama.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

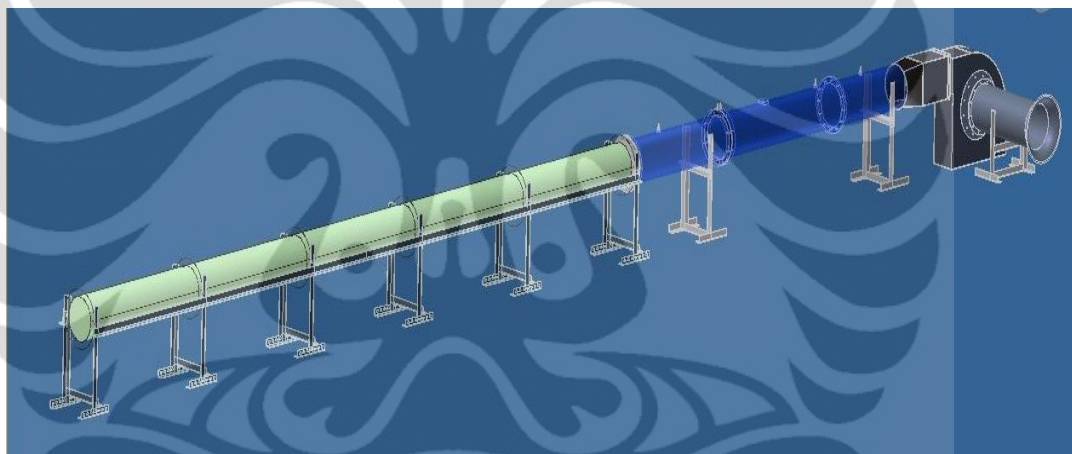


Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian

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 kebendarannya. 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.



Gambar 3.2 Desain rancangan *textile ducting*

3.2.1.1.

- *Evaporator*

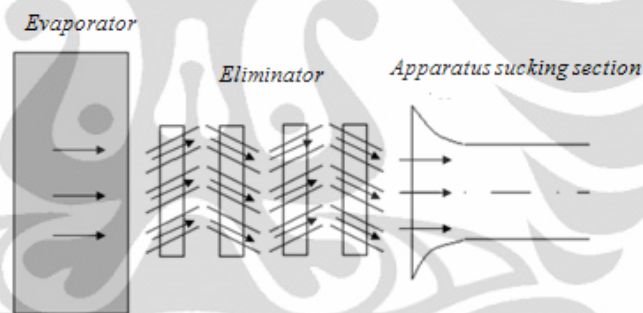
Evaporator adalah sebagai suplai udara dingin yang dialirkan melalui *Air Flow Demonstration Apparatus* menuju *textile ducting*. Udara yang bertemperatur rendah akan dikeluarkan melalui *orifice ducting*. Meskipun pada penelitian kali ini tidak menggunakan *evaporator* dalam sistem yang dijalankan untuk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



Gambar 3.3. Evaporator

- *Drift Eliminator*

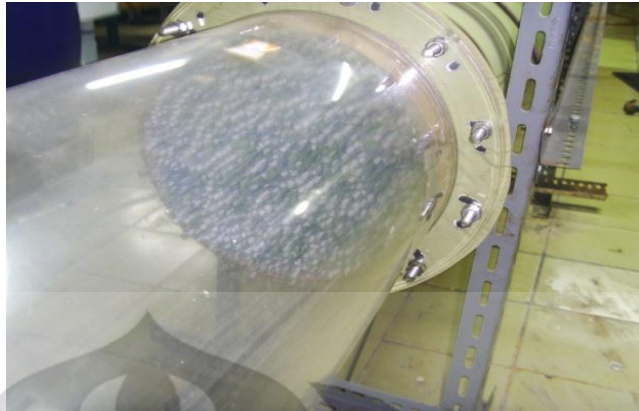
Drift eliminator bertujuan untuk mengurangi *moisture* yang keluar dari pada saat *evaporator* digunakan agar tidak masuk ke dalam *apparatus* dan *textile ducting*. Material yang digunakan sebagai *drift eliminator* adalah kayu triplex.



Gambar 3.4 Skema pemasangan drift eliminator

- *Straightener*

Komponen *Sraightener* bertujuan untuk membuat aliran udara pada bagian *entrance length textile ducting* 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*.



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 [1]. 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.

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* pada penelitian terdahulu.)

v = kecepatan udara di main duct (fpm)

Q = *flow rate* yang diperoleh dari putaran fan, m³/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:

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

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

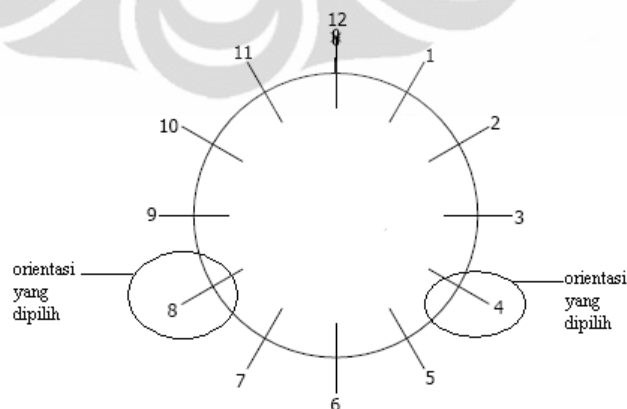
Diameter *ducting* = 10 in = 0.254 m

Diameter *orifice* = 1 in

Spasi antar *orifice* 5.9 in [2]

d) Penentuan orientasi outlet

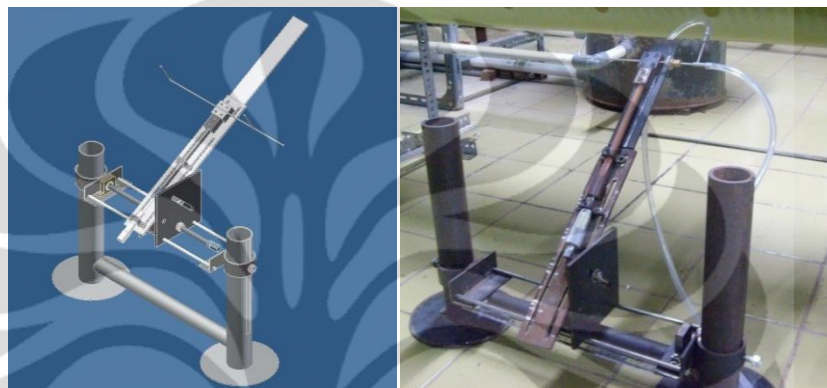
Penentuan orientasi outlet pada *textile ducting* akan menentukan panjang jangkauan aliran udara keluar *orifice*. Pada penelitian tersebut dipilih posisi jam 4&8.



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) Pergerakkan sumbu- y



Gambar 3.10Pergerakkan sumbu-y

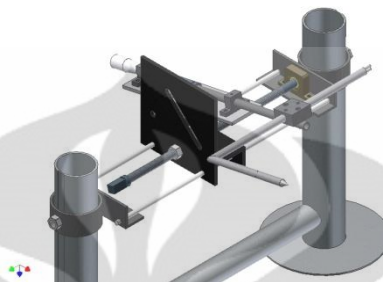
Pergerakkan naik- turun digunakan untuk memudahkan pengaturan sudut dan ketinggian saat melakukan pengukuran menggunakan transverse *apparatus*. Pada awalnya pergerakan sumbu-y tidak dapat mulus, dikarenakan terjadinya korosi yang membuat friksi menjadi besar. Oleh karena itu, diberikan pelumas untuk 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) Pergerakkan sumbu- z



Gambar 3.11Pergerakkan 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 3 tahap, yaitu:

3.4.1 Visualisasi arah aliran udara keluar *orificetextile ducting*

Visualisasi dari aliran udara keluar menggunakan *high speed camera* yang bertujuan untuk mengetahui arah dari aliran udara keluar dari *orifice* yang ada. Hal ini diperlukan karena arah aliran udara yang keluar dari setiap *orificetextile ducting*, tidak mengarah tegak lurus keluar dari lubang *orifice*. Oleh karena itu, perlu diketahui arah aliran udara yang sebenarnya. Hal itu akan memudahkan dalam pengambilan data.



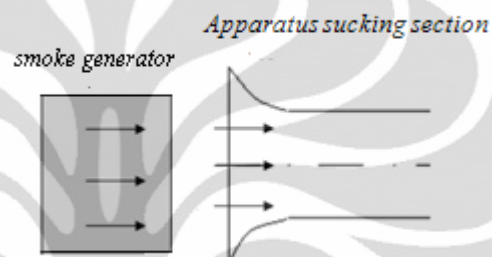
Gambar 3.13 *High speed camera*

High speed camera yang dipakai dapat mengambil gambar hingga 100.000 frames/secon. Untuk pengambilan data penelitian ini dipakai pilihan 2000 fps. Dengan *High speed camera* dapat dicari pula besaran dari amplitudo getaran yang terjadi pada *orificetextile ducting*. Hal ini bertujuan untuk menjadi acuan saat perancangan *textile ducting* yang tidak menimbulkan kebisingan karena getaran yang ditimbulkan. Pengukuran dilakukan dengan mengambil data berupa video terlebih dahulu menggunakan *high speed camera* kemudian di konversi menjadi bentuk gambar. Setelah itu, gambar hasil konversi dianalisa menggunakan software ImageJ untuk melakukan proses *image processing* sehingga dapat diketahui *properties* gambar yang didapat untuk dilakukan analisa.



Gambar 3.14 Kamera DSLR Nikon

Arah aliran udara dapat dilihat menggunakan baik kamera biasa ataupun *high speed camera* untuk penelitian ini memakai kamera DSLR Nikon. Menggunakan bantuan *fog machine* sebagai media yang dapat memvisualisasikan aliran udara yang keluar dari *ducting* melalui *orifice*, *fog machine* diletakan disamping dari blower, dan kemudian akan dihisap asap yang dihasilkan dari *fog machine* tersebut sehingga dapat terlihat bentuk arah aliran udara keluar dari *orifice*.



Gambar 3.15 Ilustrasi pemasangan *fog machine*



Gambar 3.16 Fog machine

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

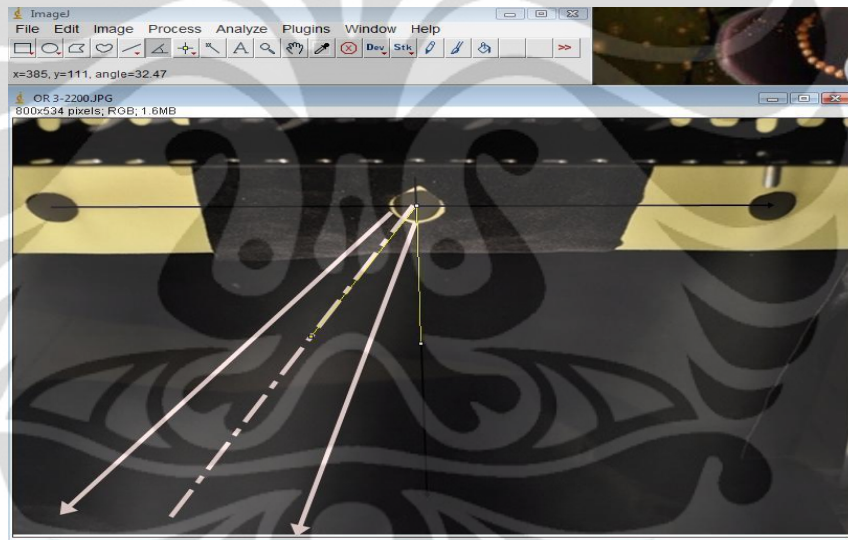
4.1. ANALISA VISUALISASI ALIRAN

Visualisasi aliran yang telah dilakukan dan diteliti akan didapat informasi yang mengenai karakteristik dari arah semburan aliran yang keluar dari *orifice*. Proses pengolahan data menggunakan software imageJ.

4.1.1. Arah Jam 4

1. *Orifice 3*

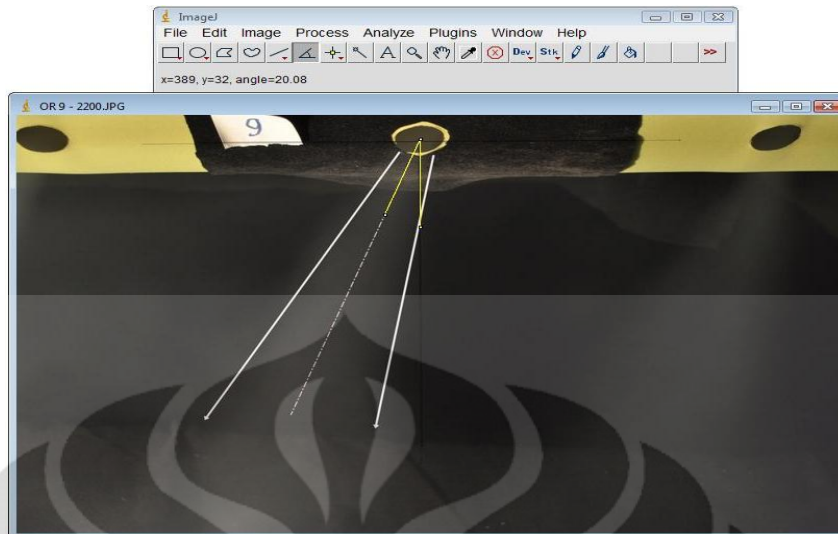
Pada *orifice* ke 3 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.1



Gambar 4.1 Visualisasi semburan aliran *orifice 3*

2. *Orifice 9*

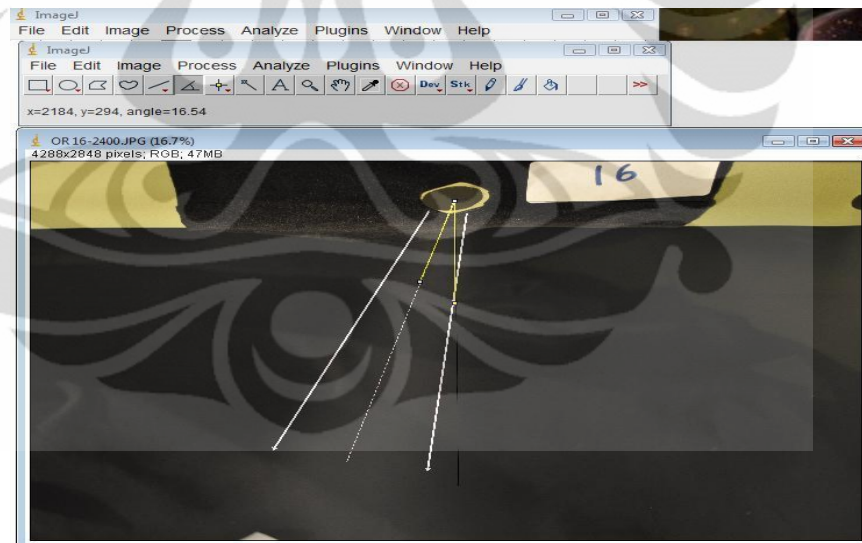
Pada *orifice* ke 9 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.2



Gambar 4.2 Visualisasi Semburan aliran *orifice* 9

3. *Orifice* ke 16

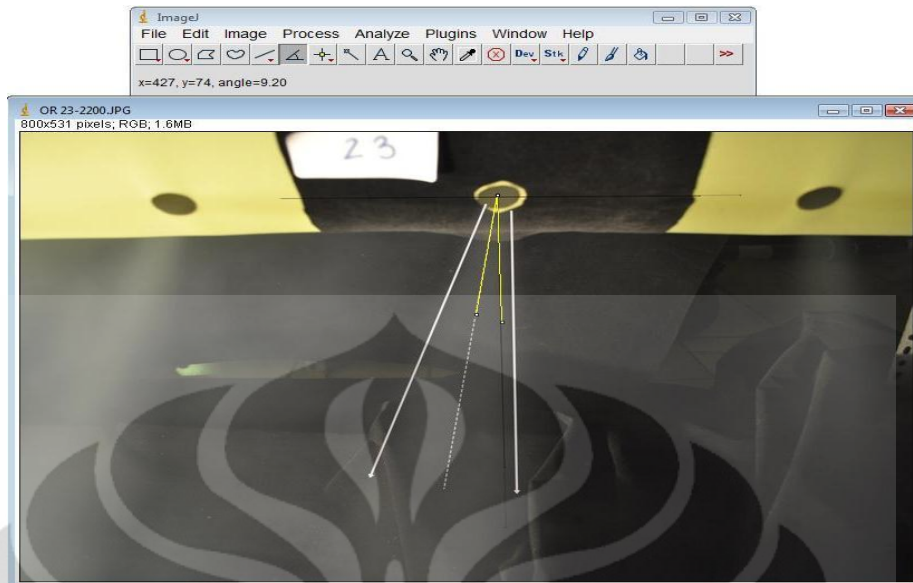
Pada *orifice* ke 16 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.3



Gambar 4.3 Visualisasi semburan aliran *orifice* 16

4. *Orifice* ke 23

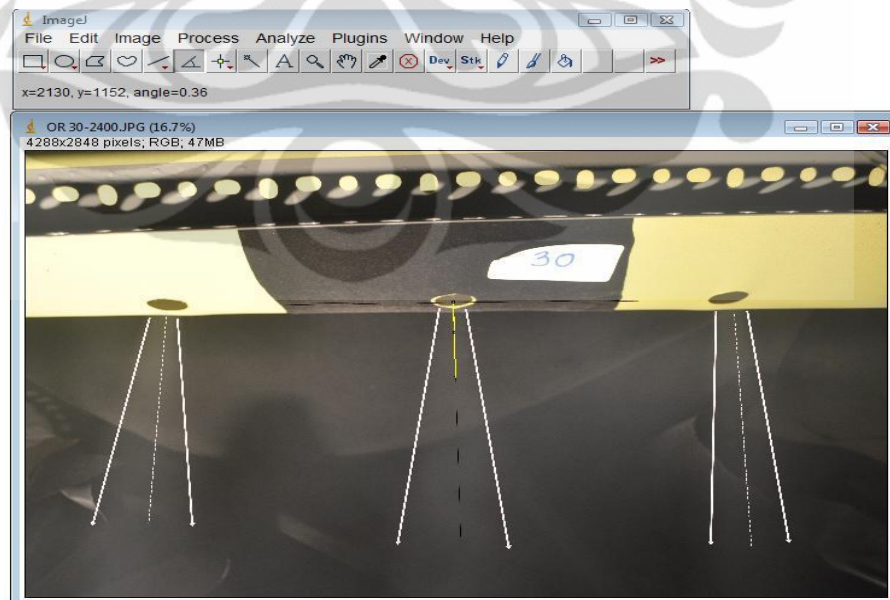
Pada *orifice* ke 23 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.4



Gambar 4.4 Visualisasi semburan aliran *orifice* 23

5. *Orifice* ke 30

Pada *orifice* ke 30 aliran udara yang keluar mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.5

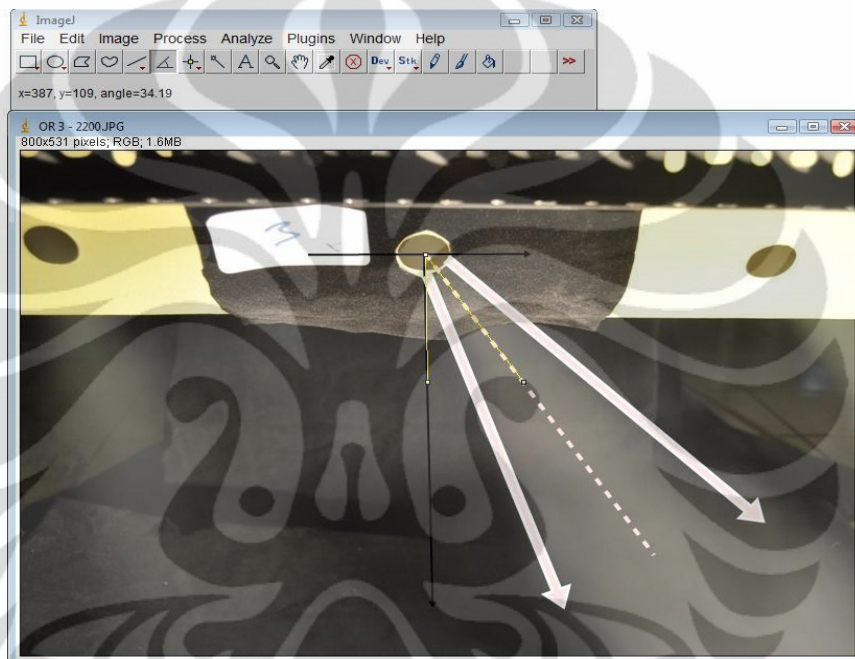


Gambar 4.5 Visualisasi semburan aliran *orifice* 30

4.1.2. Arah Jam 8

1. Orifice 3

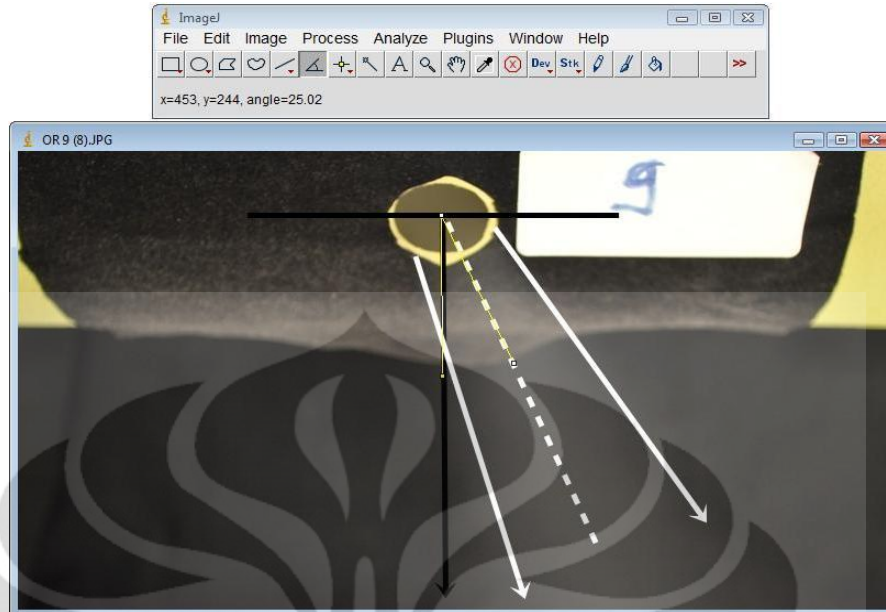
Pada *orifice* ke 3 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.6



Gambar 4.6 Visualisasi semburan aliran *orifice* 3

2. Orifice 9

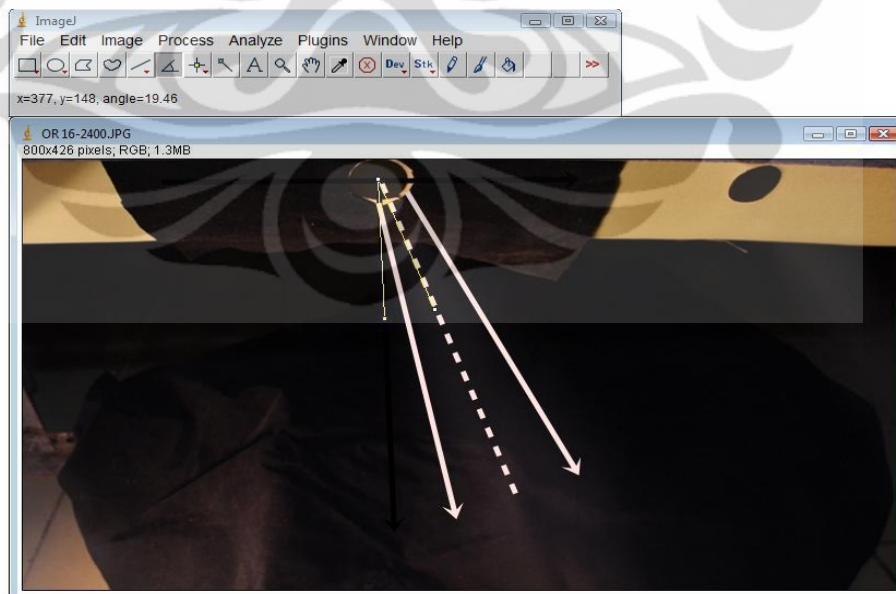
Pada *orifice* ke 9 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.7



Gambar 4.7 Visualisasi semburan aliran *orifice* 9

3. *Orifice* 16

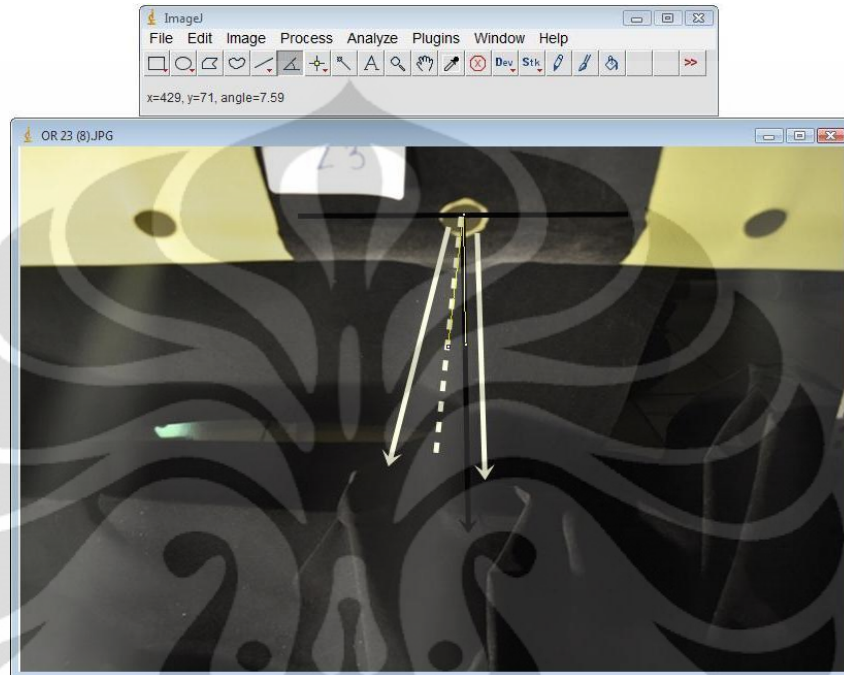
Pada *orifice* ke 3 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.8



Gambar 4.8 Visualisasi semburan aliran *orifice* 16

4. Orifice 3

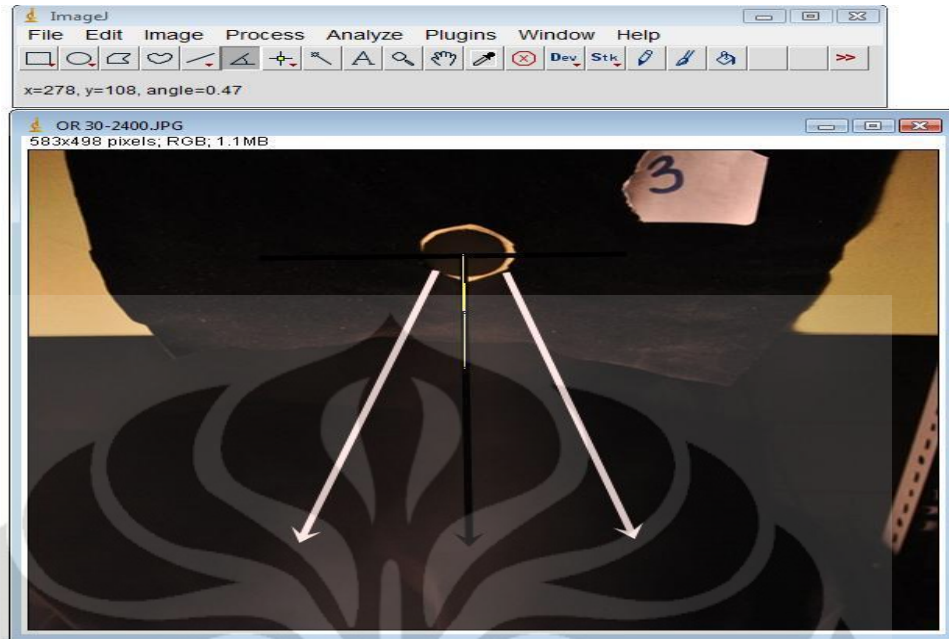
Pada *orifice* ke 3 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.9



Gambar 4.9 Visualisasi semburan aliran *orifice* 23

5. Orifice 30

Pada *orifice* ke 3 aliran udara yang keluar tidak mengarah radial terhadap *orifice*, dapat dilihat dari gambar 4.10

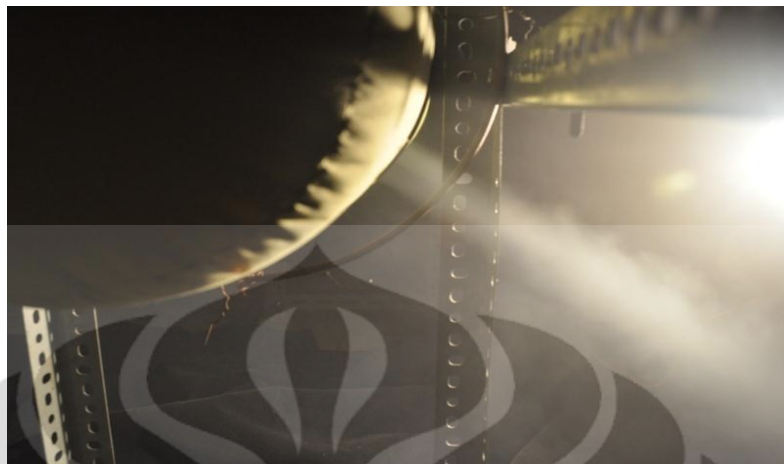


Gambar 4.10 Visualisasi semburan aliran *orifice* 30

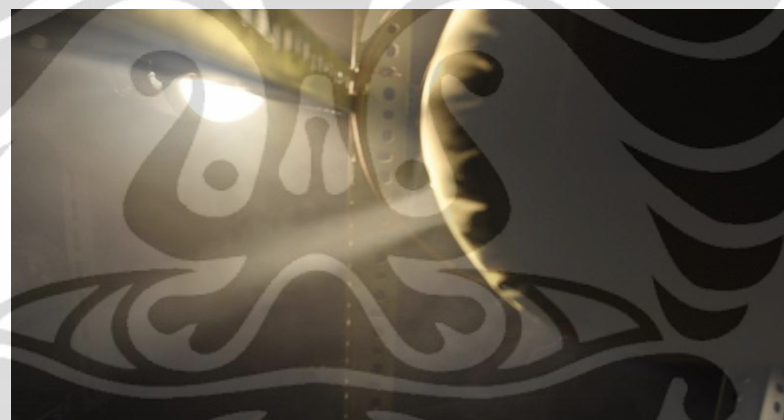
4.1.3 Pola aliran jika dilihat dari ujung *ducting*



Gambar 4.11 Dilihat dari atas



Gambar 4.12Dilihat dari ujung *ducting* arah jam 4



Gambar 4.13Dilihat dari ujung *ducting* arah jam 8

Dari hasil visualisasi di atas dapat terlihat bahwa aliran udara yang keluar *orificeducting* pada bagian depan hingga bagian tengah tidak mengarah radial terhadap pusat lubang *orifice*. Hal itu disebabkan adanya momentum dari blower yang diberikan ke udara keluar *orifice*. 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 *orifice* 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 *orifice* lebih cenderung radial.

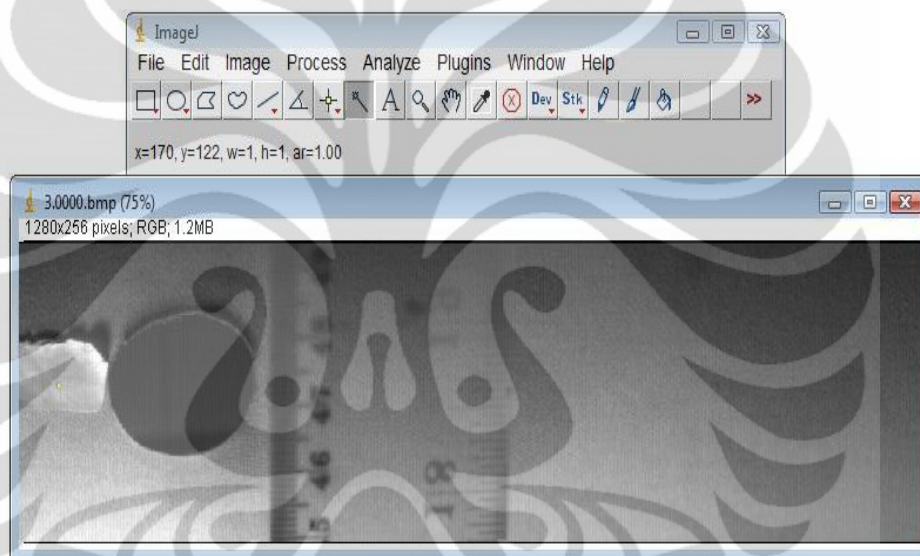
4.2 ANALISA GETARAN

Visualisasi getaran yang telah dilakukan dan diteliti akan didapat informasi yang mengenai karakteristik dari getaran yang ada disekitar *orifice*. Proses pengolahan data menggunakan software imageJ.

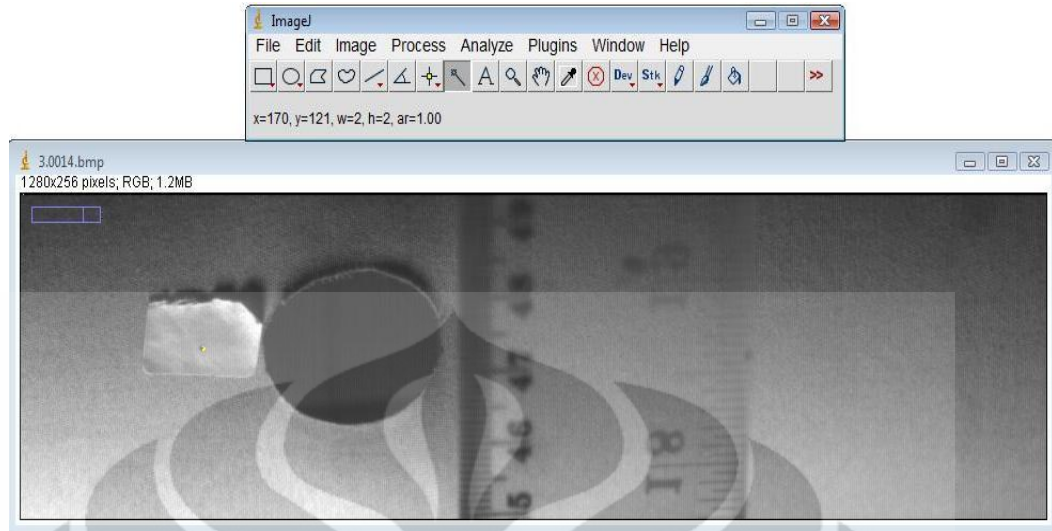
4.2.1 Arah Jam 4

a. *Orifice 3*

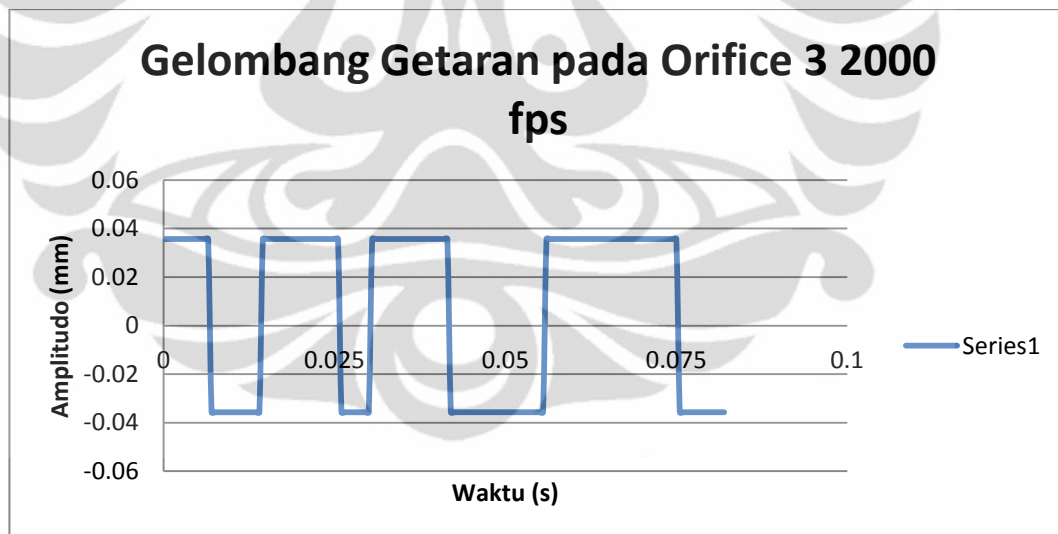
pada *orifice 3* ini terjadi perubahan atau pergerakan yang mana pergerakan itu hanya berubah 1 pixel saja dan bergerak atas – bawah



Gambar 4.14 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 3* jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=170$ dan $y=122$



Gambar 4.15 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 3 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=170$ dan $y=121$



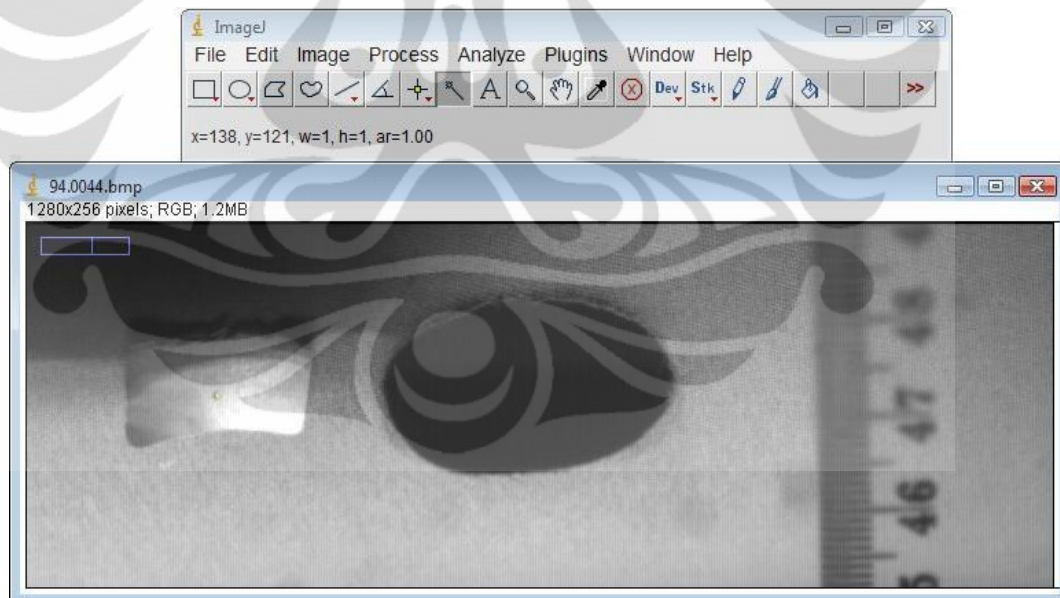
Gambar 4.16 Gelombarg getaran yang terjadi pada *orifice* 3

Tabel 4.1 Frekuensi pada *orifice 3*

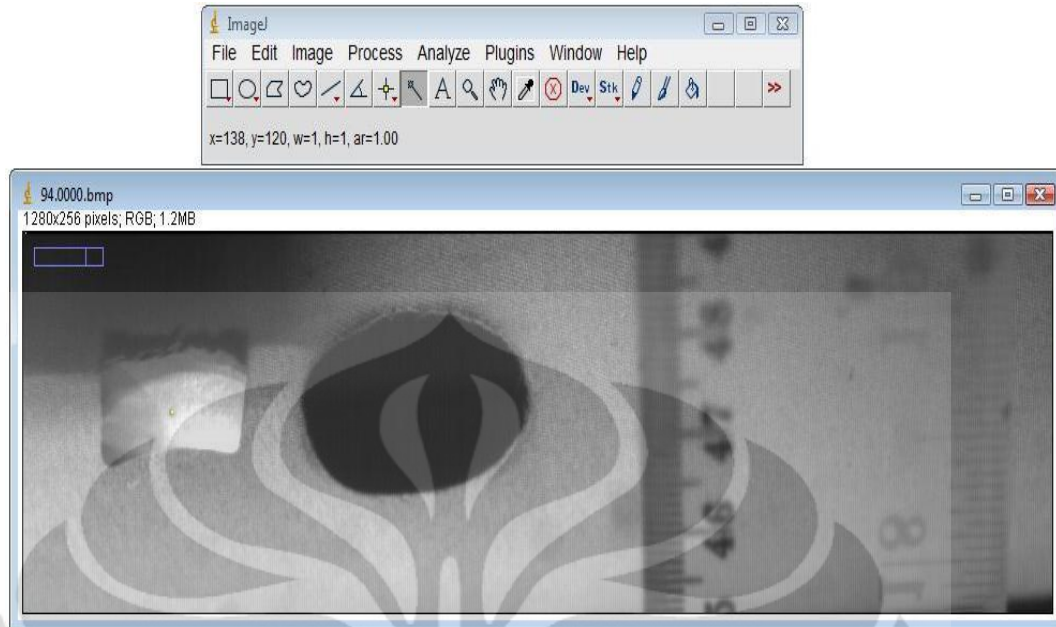
Frekuensi ke	f (Hz)	T (s)
f1	18.86792453	0.0145
f2	62.5	0.016
f3	39.21568627	0.0255
average	40.19453693	0.018666667

c. *Orifice 9*

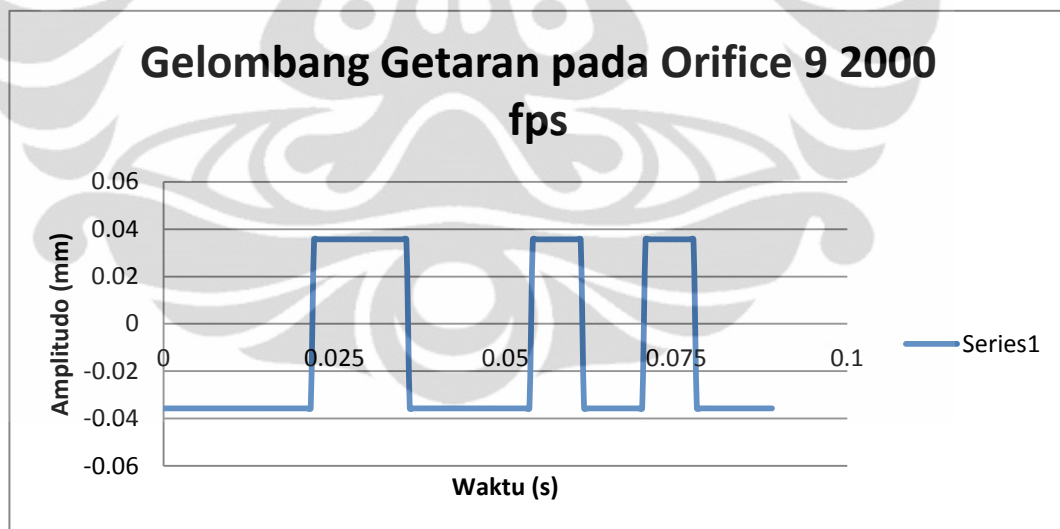
pada *orifice 9* ini terjadi perubahan atau pergerakan yang mana pergerakan itu hanya berubah 1 pixel saja dan bergerak atas – bawah



Gambar 4.17 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 9* jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=138$ dan $y=121$



Gambar 4.18 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 9 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=138$ dan $y=120$



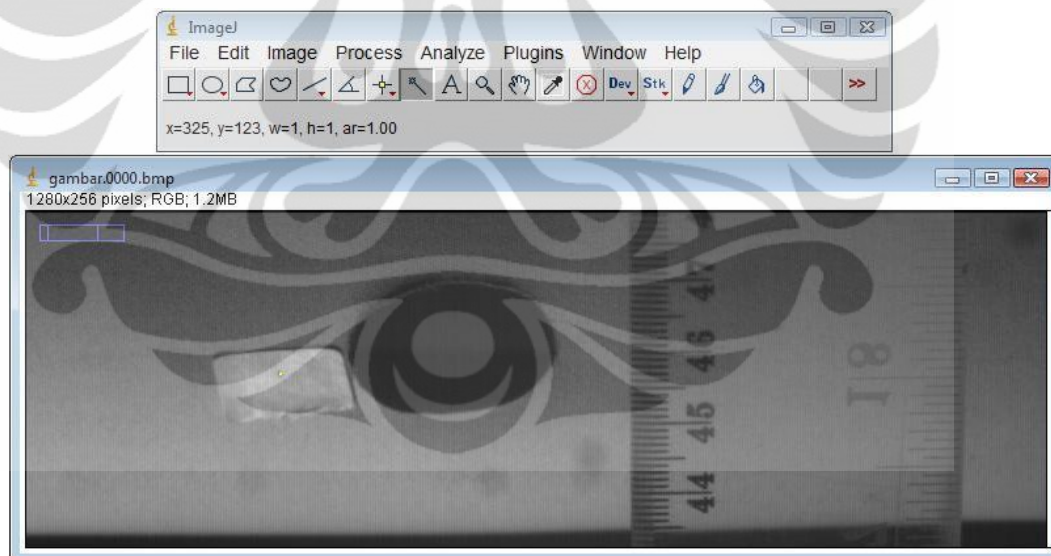
Gambar 4.19 Gelombang getaran pada *orifice* 9

Tabel 4.2 Frekuensi yang terjadi pada *orifice* 9

Frekuensi ke	f (Hz)	T (s)
f1	27.77778	0.036
f2	39.21569	0.0255
f3	60.60606	0.0165
Rata-rata	42.53317	0.026

d. *Orifice* 16

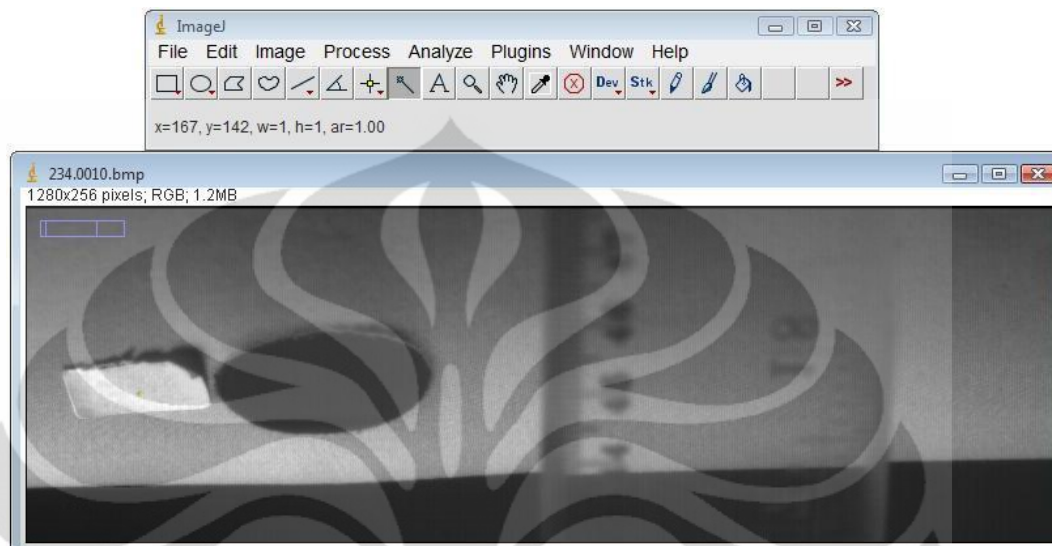
pada *orifice* 16 ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice* 3 dan 9



Gambar 4.20 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 16 jam 4 dengan perubahan pixel menjadi x= 325 dan y=123

e. *Orifice 23*

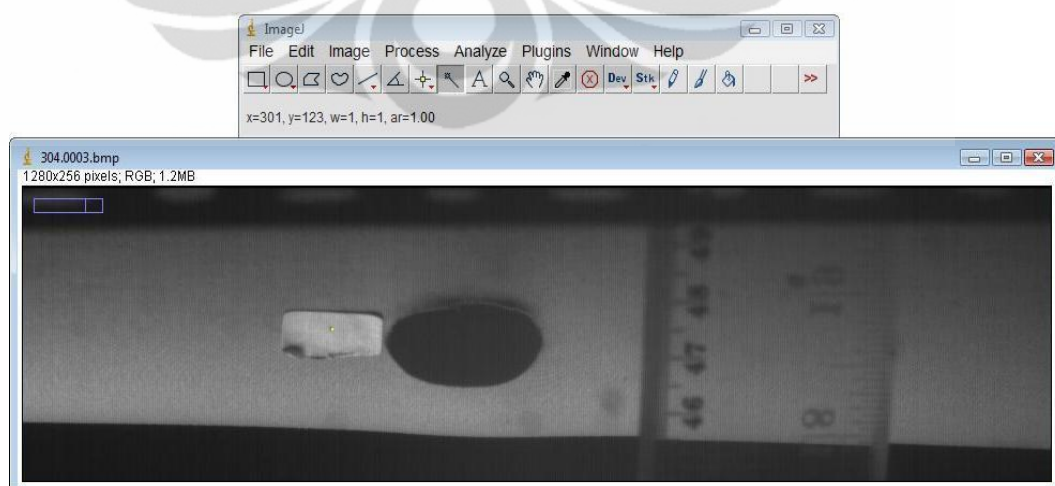
pada *orifice 23* ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice 3* dan *9*



Gambar 4.21 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 23* jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=167$ dan $y=142$

f. *Orifice 30*

pada *orifice 30* ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice 3* dan *9*



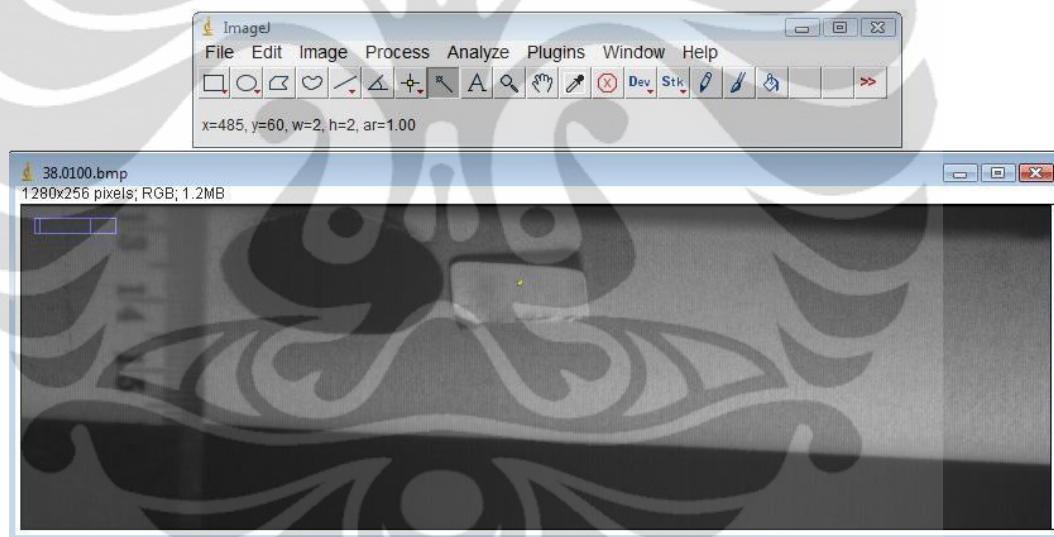
Gambar 4.22 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 30* jam 4 dengan perubahan pixel menjadi $x=301$ dan $y=123$

Getaran terjadi pada *orifice* 3 dan 9 walaupun besaran dari getaran tersebut tidak terlalu signifikan. Untuk pengolahan data pada *orifice* 16, 23 dan 30 tidak didapatkan adanya perpindahan atau getaran pada *textile ducting* tersebut. Hal ini memungkinkan terjadi akibat dengan semakin berkurangnya tekanan dan kecepatan sepanjang *textile ducting*, sehingga saat pengukuran di *orifice* 16 sudah tidak didapatkan adanya getaran.

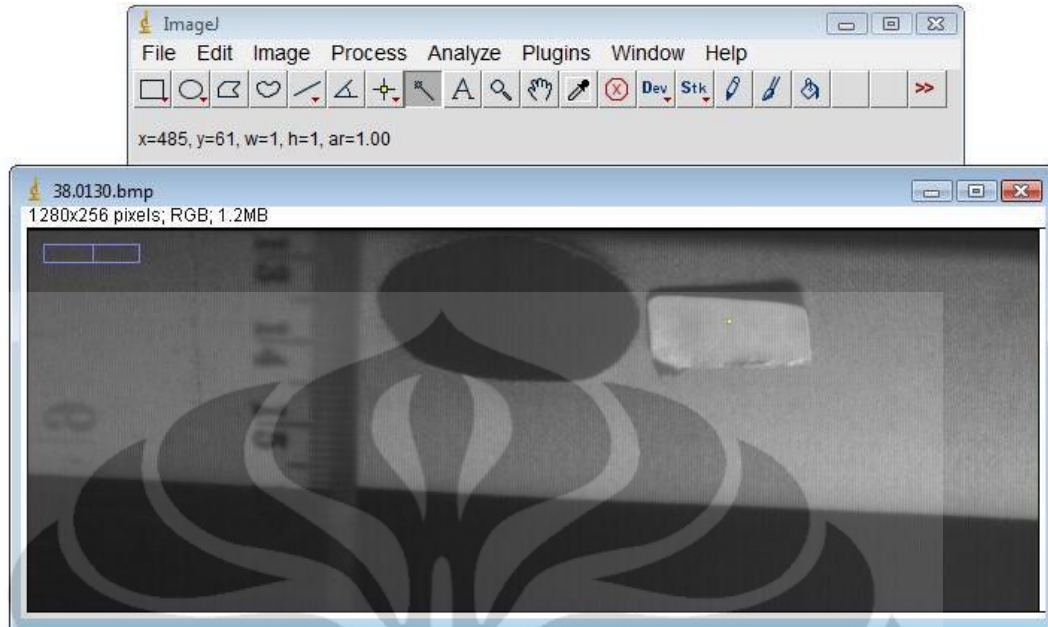
4.2.2 Arah Jam 8

a. *Orifice* 3

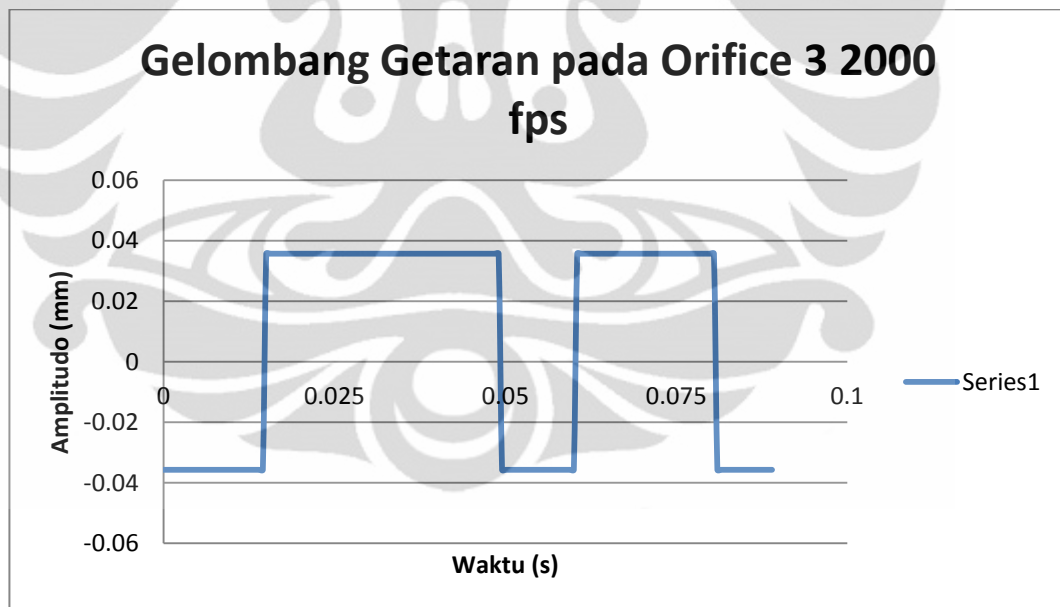
pada *orifice* 3 ini terjadi perubahan atau pergerakan yang mana pergerakan itu hanya berubah 1 pixel saja dan bergerak atas – bawah



Gambar 4.23 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 3 jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x=485$ dan $y=60$



Gambar 4.24 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 3 jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x = 485$ dan $y = 61$



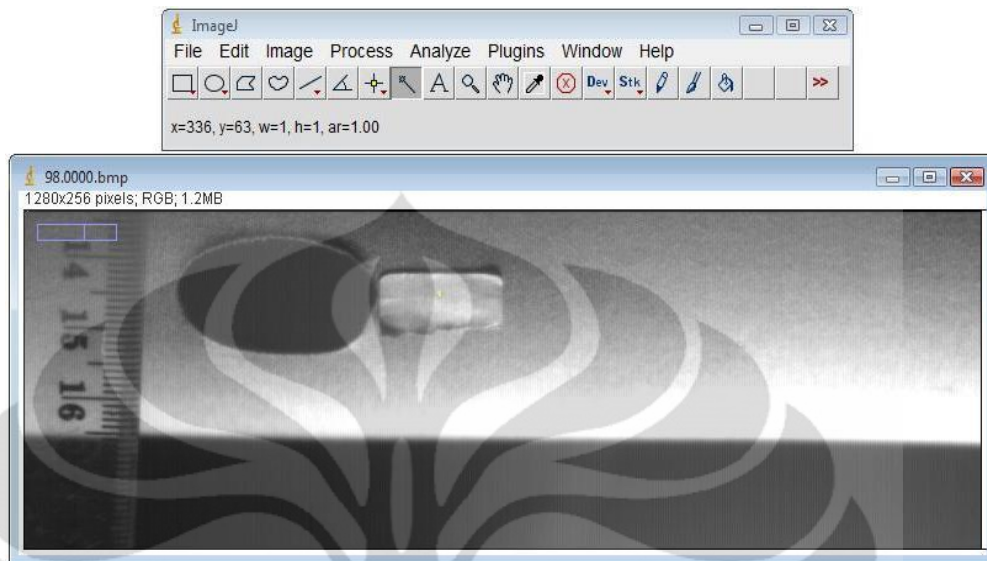
Gambar 4.25 Gelombang dari getaran yang terjadi pada *orifice* 3 arah jam 8

Tabel 4.3 Frekuensi dari getaran pada *orifice* 3 arah jam 8

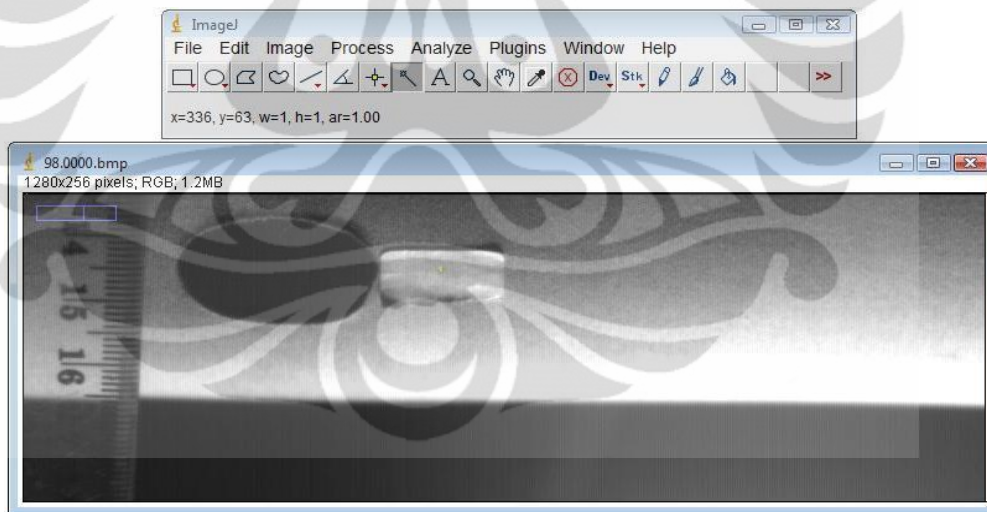
Frekuensi ke	f (Hz)	T (s)
f1	18.86792	0.0495
f2	31.74603	0.0315
average	25.30698	0.0405

c. *Orifice 9*

pada *orifice 9* ini tidak terjadi perubahan seperti halnya *orifice 3*



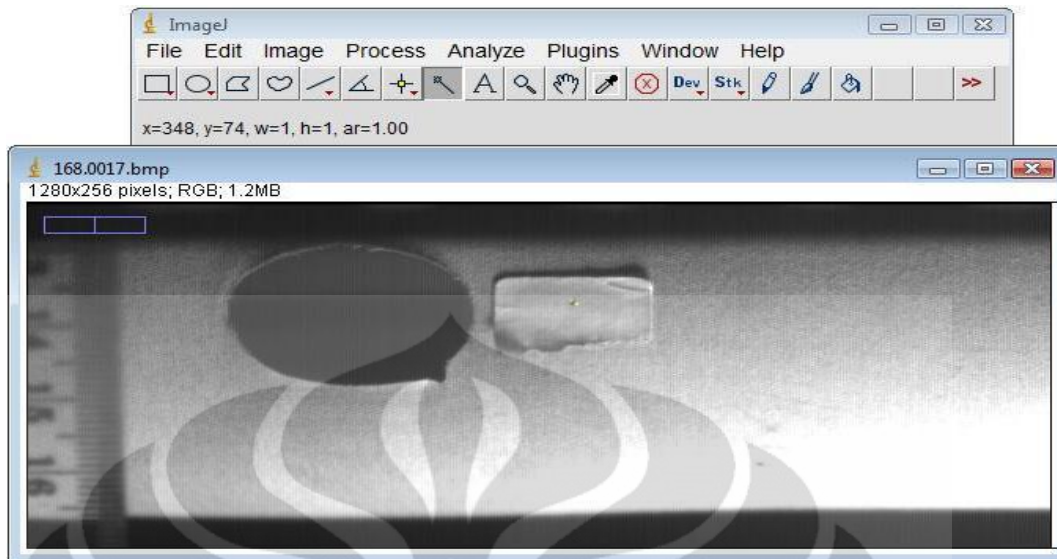
Gambar 4.26 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 9* jam 8 dengan perubahan pixel menjadi $x=336$ dan $y=63$



Gambar 4.27 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 9* jam 8 dengan perubahan pixel tetap $x=336$ dan $y=63$

d. *Orifice 16*

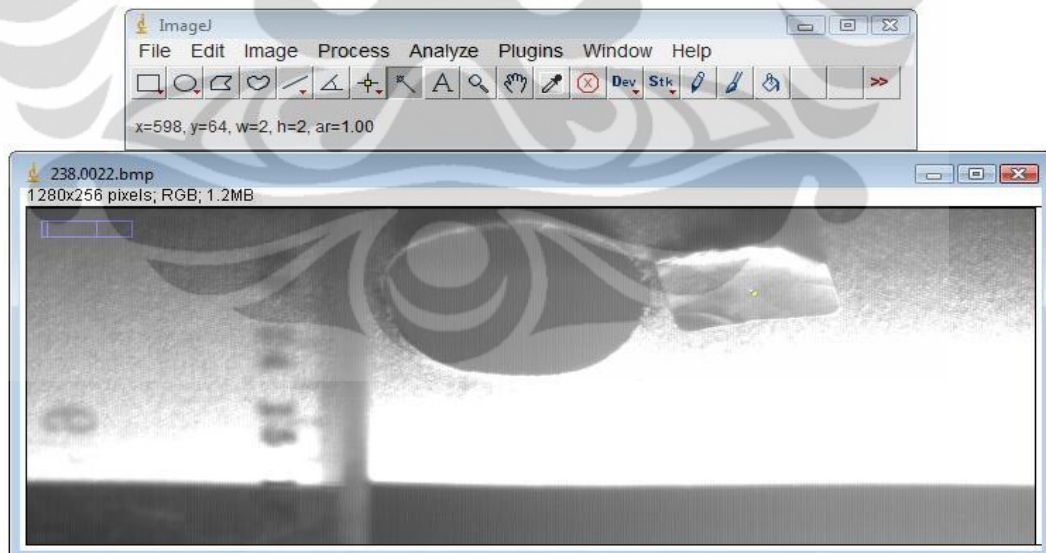
pada *orifice 16* ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice 3*



Gambar 4.28 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 16 jam 8 dengan pixel $x=348$ dan $y=74$

e. *Orifice* 23

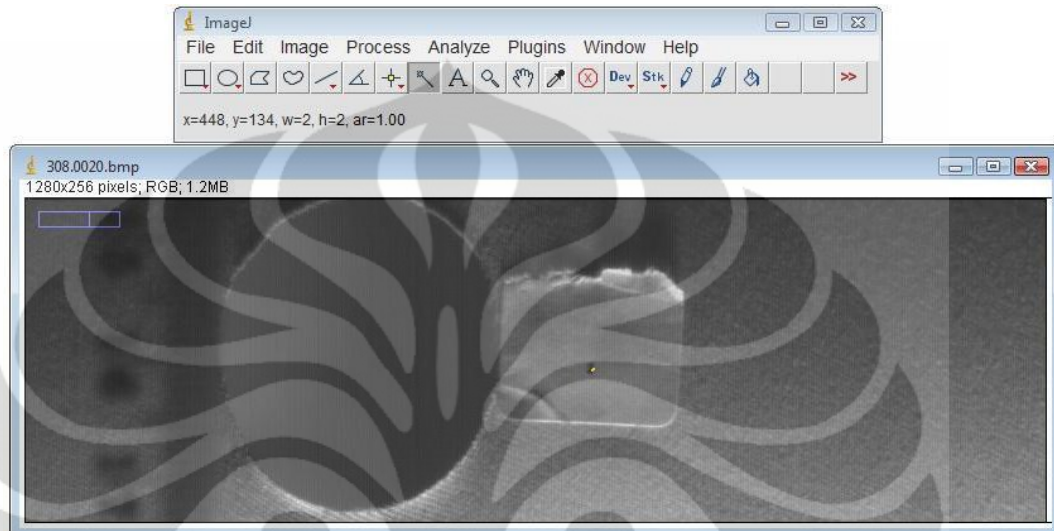
pada *orifice* 23 ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice* 3



Gambar 4.29 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice* 23 jam 8 dengan pixel $x=598$ dan $y=64$

f. *Orifice 30*

pada *orifice 30* ini tidak terjadi perubahan atau pergerakan seperti halnya *orifice 3*



Gambar 4.30 Pengolahan data menggunakan ImageJ pada *orifice 30* jam 8 dengan pixel $x=448$ dan $y=134$

Getaran yang terjadi pada arah jam 8 tidak jauh berbeda dengan getaran yang terjadi pada arah jam 4. Dapat dilihat dari gambar yang ada *orifice 3* terjadi suatu getaran walaupun besaran dari getaran tersebut tidak terlalu signifikan. Untuk arah jam 8 *orifice 9* tidak terlihat adanya getaran disaat dilakukan pengolahan data. Pada *orifice 16, 23* dan *30* pun demikian juga tidak didapatkan adanya perpindahan atau getaran pada *textile ducting* tersebut. Hal ini memungkinkan terjadi akibat dengan semakin berkurangnya tekanan dan kecepatan sepanjang *textile ducting*, sehingga saat pengukuran di *orifice 16* sudah tidak didapatkan adanya getaran.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Pola karakteristik udara keluar *orifice* menunjukkan adanya kemiripan pada tiap *nozzel* baik itu pada arah jam 4 maupun jam 8.
2. Visualisasi aliran menggunakan asap membuktikan perhitungan tekanan dinamik, yang menunjukkan arah semburan akan semakin radial seiring dengan bertambahnya jarak dari *inlet*.
3. Sudut dari arah jam 4 dan jam 8 membentuk 120° dengan tepat apabila dilihat dari ujung *ducting*.
4. Getaran yang terjadi pada *textile ducting* tidak terlalu signifikan walaupun dengan kecepatan blower 2200 rpm. Untuk getaran yang terbaca perubahannya pada software imageJ yaitu pada orifice 3 arah jam 4 dan 8 serta orifice 9 arah jam 4 yaitu masing-masing mempunyai frekuensi sebesar 40.1 Hz, 25.3 Hz dan 42.5 Hz

5.2. SARAN

1. Analisa getaran yang dilakuakn menggunakan *high speed camera* dapat dimaksimalkan dengan memakai fps yang lebih tinggi agar data yang didapatkan lebih baik.
2. Variasi data untuk mengetahui karakteristik dari *textile ducting* lokal 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 ForTextile

Septiyanto R, Yudha. 2009.Profil Kecepatan Udara Keluar OrificeTextile ducting Berbahan Taslan pada 1500 FPM. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: FTUI

Irfan. 2009.Profil Kecepatan Udara Keluar OrificeTextile 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. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 3 arah jam 4

Pixel terbaca : X: 170 dan Y:122 terjadi perubahan menjadi X:170 dan Y:121. Sehingga Ampiltudo terjadi sebesar 1 pixel.

Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

no	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.035704085
1	0.0005	0.035704085
2	0.001	0.035704085
3	0.0015	0.035704085
4	0.002	0.035704085
5	0.0025	0.035704085
6	0.003	0.035704085
7	0.0035	0.035704085
8	0.004	0.035704085
9	0.0045	0.035704085
10	0.005	0.035704085
11	0.0055	0.035704085
12	0.006	0.035704085
13	0.0065	0.035704085
14	0.007	-0.035704085
15	0.0075	-0.035704085
16	0.008	-0.035704085
17	0.0085	-0.035704085
18	0.009	-0.035704085
19	0.0095	-0.035704085
20	0.01	-0.035704085
21	0.0105	-0.035704085
22	0.011	-0.035704085
23	0.0115	-0.035704085
24	0.012	-0.035704085
25	0.0125	-0.035704085
26	0.013	-0.035704085
27	0.0135	-0.035704085
28	0.014	-0.035704085
29	0.0145	0.035704085
30	0.015	0.035704085

31	0.0155	0.035704085
32	0.016	0.035704085
33	0.0165	0.035704085
34	0.017	0.035704085
35	0.0175	0.035704085
36	0.018	0.035704085
37	0.0185	0.035704085
38	0.019	0.035704085
39	0.0195	0.035704085
40	0.02	0.035704085
41	0.0205	0.035704085
42	0.021	0.035704085
43	0.0215	0.035704085
44	0.022	0.035704085
45	0.0225	0.035704085
46	0.023	0.035704085
47	0.0235	0.035704085
48	0.024	0.035704085
49	0.0245	0.035704085
50	0.025	0.035704085
51	0.0255	0.035704085
52	0.026	-0.035704085
53	0.0265	-0.035704085
54	0.027	-0.035704085
55	0.0275	-0.035704085
56	0.028	-0.035704085
57	0.0285	-0.035704085
58	0.029	-0.035704085
59	0.0295	-0.035704085
60	0.03	-0.035704085
61	0.0305	0.035704085
62	0.031	0.035704085
63	0.0315	0.035704085
64	0.032	0.035704085
65	0.0325	0.035704085
66	0.033	0.035704085
67	0.0335	0.035704085
68	0.034	0.035704085
69	0.0345	0.035704085
70	0.035	0.035704085
71	0.0355	0.035704085
72	0.036	0.035704085
73	0.0365	0.035704085

74	0.037	0.035704085
75	0.0375	0.035704085
76	0.038	0.035704085
77	0.0385	0.035704085
78	0.039	0.035704085
79	0.0395	0.035704085
80	0.04	0.035704085
81	0.0405	0.035704085
82	0.041	0.035704085
83	0.0415	0.035704085
84	0.042	-0.0357
85	0.0425	-0.0357
86	0.043	-0.0357
87	0.0435	-0.0357
88	0.044	-0.0357
89	0.0445	-0.0357
90	0.045	-0.0357
91	0.0455	-0.0357
92	0.046	-0.0357
93	0.0465	-0.0357
94	0.047	-0.0357
95	0.0475	-0.0357
96	0.048	-0.0357
97	0.0485	-0.0357
98	0.049	-0.0357
99	0.0495	-0.0357
100	0.05	-0.0357
101	0.0505	-0.0357
102	0.051	-0.0357
103	0.0515	-0.0357
104	0.052	-0.0357
105	0.0525	-0.0357
106	0.053	-0.0357
107	0.0535	-0.0357
108	0.054	-0.0357
109	0.0545	-0.0357
110	0.055	-0.0357
111	0.0555	-0.0357
112	0.056	0.0357
113	0.0565	0.0357
114	0.057	0.0357
115	0.0575	0.0357
116	0.058	0.0357

117	0.0585	0.0357
118	0.059	0.0357
119	0.0595	0.0357
120	0.06	0.0357
121	0.0605	0.0357
122	0.061	0.0357
123	0.0615	0.0357
124	0.062	0.0357
125	0.0625	0.0357
126	0.063	0.0357
127	0.0635	0.0357
128	0.064	0.0357
129	0.0645	0.0357
130	0.065	0.0357
131	0.0655	0.0357
132	0.066	0.0357
133	0.0665	0.0357
134	0.067	0.0357
135	0.0675	0.0357
136	0.068	0.0357
137	0.0685	0.0357
138	0.069	0.0357
139	0.0695	0.0357
140	0.07	0.0357
141	0.0705	0.0357
142	0.071	0.0357
143	0.0715	0.0357
144	0.072	0.0357
145	0.0725	0.0357
146	0.073	0.0357
147	0.0735	0.0357
148	0.074	0.0357
149	0.0745	0.0357
150	0.075	0.0357
151	0.0755	-0.0357
152	0.076	-0.0357
153	0.0765	-0.0357
154	0.077	-0.0357
155	0.0775	-0.0357
156	0.078	-0.0357
157	0.0785	-0.0357
158	0.079	-0.0357
159	0.0795	-0.0357

160	0.08	-0.0357
161	0.0805	-0.0357
162	0.081	-0.0357
163	0.0815	-0.0357
164	0.082	-0.0357

Lampiran 2. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 9 arah jam 4

Pixel terbaca : X: 138 dan Y:120 terjadi perubahan menjadi X:138 dan Y:121. Sehingga Ampiltudo terjadi sebesar 1 pixel.

Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

No	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	4.498714653
1	0.0005	4.498714653
2	0.001	4.498714653
3	0.0015	4.498714653
4	0.002	4.498714653
5	0.0025	4.498714653
6	0.003	4.498714653
7	0.0035	4.498714653
8	0.004	4.498714653
9	0.0045	4.498714653
10	0.005	4.498714653
11	0.0055	4.498714653
12	0.006	4.498714653
13	0.0065	4.498714653
14	0.007	4.498714653
15	0.0075	4.498714653
16	0.008	4.498714653
17	0.0085	4.498714653
18	0.009	4.498714653
19	0.0095	4.498714653
20	0.01	4.498714653
21	0.0105	4.498714653
22	0.011	4.498714653
23	0.0115	4.498714653
24	0.012	4.498714653
25	0.0125	4.498714653
26	0.013	4.498714653

27	0.0135	4.498714653
28	0.014	4.498714653
29	0.0145	4.498714653
30	0.015	4.498714653
31	0.0155	4.498714653
32	0.016	4.498714653
33	0.0165	4.498714653
34	0.017	4.498714653
35	0.0175	4.498714653
36	0.018	4.498714653
37	0.0185	4.498714653
38	0.019	4.498714653
39	0.0195	4.498714653
40	0.02	4.498714653
41	0.0205	4.498714653
42	0.021	4.498714653
43	0.0215	4.498714653
44	0.022	4.498714653
45	0.0225	4.498714653
46	0.023	4.498714653
47	0.0235	4.498714653
48	0.024	4.498714653
49	0.0245	4.498714653
50	0.025	4.498714653
51	0.0255	4.498714653
52	0.026	4.498714653
53	0.0265	4.498714653
54	0.027	4.498714653
55	0.0275	4.498714653
56	0.028	4.498714653
57	0.0285	4.498714653
58	0.029	4.498714653
59	0.0295	4.498714653
60	0.03	4.498714653
61	0.0305	4.498714653
62	0.031	4.498714653
63	0.0315	4.498714653
64	0.032	4.498714653
65	0.0325	4.498714653
66	0.033	4.498714653
67	0.0335	4.498714653
68	0.034	4.498714653
69	0.0345	4.498714653

70	0.035	4.498714653	113	0.0565	0.0357
71	0.0355	4.498714653	114	0.057	0.0357
72	0.036	4.498714653	115	0.0575	0.0357
73	0.0365	4.498714653	116	0.058	0.0357
74	0.037	4.498714653	117	0.0585	0.0357
75	0.0375	4.498714653	118	0.059	0.0357
76	0.038	4.498714653	119	0.0595	0.0357
77	0.0385	4.498714653	120	0.06	0.0357
78	0.039	4.498714653	121	0.0605	0.0357
79	0.0395	4.498714653	122	0.061	0.0357
80	0.04	4.498714653	123	0.0615	-0.0357
81	0.0405	4.498714653	124	0.062	-0.0357
82	0.041	4.498714653	125	0.0625	-0.0357
83	0.0415	4.498714653	126	0.063	-0.0357
84	0.042	4.498714653	127	0.0635	-0.0357
85	0.0425	4.498714653	128	0.064	-0.0357
86	0.043	4.498714653	129	0.0645	-0.0357
87	0.0435	4.498714653	130	0.065	-0.0357
88	0.044	4.498714653	131	0.0655	-0.0357
89	0.0445	4.498714653	132	0.066	-0.0357
90	0.045	4.498714653	133	0.0665	-0.0357
91	0.0455	4.498714653	134	0.067	-0.0357
92	0.046	4.498714653	135	0.0675	-0.0357
93	0.0465	4.498714653	136	0.068	-0.0357
94	0.047	4.498714653	137	0.0685	-0.0357
95	0.0475	4.498714653	138	0.069	-0.0357
96	0.048	4.498714653	139	0.0695	-0.0357
97	0.0485	4.498714653	140	0.07	-0.0357
98	0.049	4.498714653	141	0.0705	0.0357
99	0.0495	4.498714653	142	0.071	0.0357
100	0.05	4.498714653	143	0.0715	0.0357
101	0.0505	4.498714653	144	0.072	0.0357
102	0.051	4.498714653	145	0.0725	0.0357
103	0.0515	4.498714653	146	0.073	0.0357
104	0.052	4.498714653	147	0.0735	0.0357
105	0.0525	4.498714653	148	0.074	0.0357
106	0.053	4.498714653	149	0.0745	0.0357
107	0.0535	4.498714653	150	0.075	0.0357
108	0.054	4.498714653	151	0.0755	0.0357
109	0.0545	4.498714653	152	0.076	0.0357
110	0.055	4.498714653	153	0.0765	0.0357
111	0.0555	0.0357	154	0.077	0.0357
112	0.056	0.0357	155	0.0775	0.0357

156	0.078	-0.0357
157	0.0785	-0.0357
158	0.079	-0.0357
159	0.0795	-0.0357
160	0.08	-0.0357
161	0.0805	-0.0357
162	0.081	-0.0357
163	0.0815	-0.0357
164	0.082	-0.0357
165	0.0825	-0.0357
166	0.083	-0.0357
167	0.0835	-0.0357
168	0.084	-0.0357
169	0.0845	-0.0357
170	0.085	-0.0357
171	0.0855	-0.0357
172	0.086	-0.0357
173	0.0865	-0.0357
174	0.087	-0.0357
175	0.0875	-0.0357
176	0.088	-0.0357
177	0.0885	-0.0357
178	0.089	-0.0357
179	0.0895	-0.0357
180	0.09	-0.0357
181	0.0905	-0.0357
182	0.091	-0.0357
183	0.0915	-0.0357
184	0.092	-0.0357
185	0.0925	-0.0357
186	0.093	-0.0357
187	0.0935	-0.0357
188	0.094	-0.0357
189	0.0945	-0.0357
190	0.095	-0.0357
191	0.0955	-0.0357
192	0.096	-0.0357
193	0.0965	-0.0357
194	0.097	-0.0357
195	0.0975	-0.0357
196	0.098	-0.0357
197	0.0985	-0.0357
198	0.099	-0.0357

199	0.0995	-0.0357
200	0.1	-0.0357
201	0.1005	-0.0357
202	0.101	-0.0357
203	0.1015	-0.0357
204	0.102	-0.0357
205	0.1025	-0.0357
206	0.103	-0.0357
207	0.1035	-0.0357
208	0.104	-0.0357
209	0.1045	-0.0357

Lampiran 3. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 16 arah jam 4

Pixel terbaca : X: 336 dan Y:63 dan tidak terjadi perubahan pixel.

Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169

20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169

63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169

Lampiran 4. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 23 arah jam 4

Pixel terbaca : X: 167 dan Y:142 dan tidak terjadi perubahan pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169

33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169

76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169
108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169

119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169
125	0.125	0.071408169
126	0.126	0.071408169
127	0.127	0.071408169
128	0.128	0.071408169
129	0.129	0.071408169
130	0.13	0.071408169
131	0.131	0.071408169
132	0.132	0.071408169
133	0.133	0.071408169
134	0.134	0.071408169
135	0.135	0.071408169
136	0.136	0.071408169
137	0.137	0.071408169
138	0.138	0.071408169
139	0.139	0.071408169
140	0.14	0.071408169
141	0.141	0.071408169
142	0.142	0.071408169
143	0.143	0.071408169
144	0.144	0.071408169
145	0.145	0.071408169
146	0.146	0.071408169
147	0.147	0.071408169
148	0.148	0.071408169
149	0.149	0.071408169
150	0.15	0.071408169

Lampiran 5. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 30 arah jam 4

Pixel terbaca : X: 301 dan Y:123 dan tidak terjadi perubahan pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169

41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169

84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169
108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169
119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169
125	0.125	0.071408169
126	0.126	0.071408169

127	0.127	0.071408169
128	0.128	0.071408169
129	0.129	0.071408169
130	0.13	0.071408169
131	0.131	0.071408169
132	0.132	0.071408169
133	0.133	0.071408169
134	0.134	0.071408169
135	0.135	0.071408169
136	0.136	0.071408169
137	0.137	0.071408169
138	0.138	0.071408169
139	0.139	0.071408169
140	0.14	0.071408169
141	0.141	0.071408169
142	0.142	0.071408169
143	0.143	0.071408169
144	0.144	0.071408169
145	0.145	0.071408169
146	0.146	0.071408169
147	0.147	0.071408169
148	0.148	0.071408169
149	0.149	0.071408169
150	0.15	0.071408169
151	0.151	0.071408169
152	0.152	0.071408169
153	0.153	0.071408169
154	0.154	0.071408169
155	0.155	0.071408169
156	0.156	0.071408169
157	0.157	0.071408169
158	0.158	0.071408169
159	0.159	0.071408169
160	0.16	0.071408169

Lampiran 6. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 3 arah jam 8

Pixel terbaca : X: 485 dan Y:60 terjadi perubahan menjadi X:485 dan Y:61. Sehingga Ampiltudo terjadi sebesar 1 pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

no	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	-0.035704085
1	0.0005	-0.035704085
2	0.001	-0.035704085
3	0.0015	-0.035704085
4	0.002	-0.035704085
5	0.0025	-0.035704085
6	0.003	-0.035704085
7	0.0035	-0.035704085
8	0.004	-0.035704085
9	0.0045	-0.035704085
10	0.005	-0.035704085
11	0.0055	-0.035704085
12	0.006	-0.035704085
13	0.0065	-0.035704085
14	0.007	-0.035704085
15	0.0075	-0.035704085
16	0.008	-0.035704085
17	0.0085	-0.035704085
18	0.009	-0.035704085
19	0.0095	-0.035704085
20	0.01	-0.035704085
21	0.0105	-0.035704085
22	0.011	-0.035704085
23	0.0115	-0.035704085
24	0.012	-0.035704085
25	0.0125	-0.035704085
26	0.013	-0.035704085
27	0.0135	-0.035704085
28	0.014	-0.035704085
29	0.0145	-0.035704085
30	0.015	0.035704085
31	0.0155	0.035704085
32	0.016	0.035704085
33	0.0165	0.035704085
34	0.017	0.035704085
35	0.0175	0.035704085
36	0.018	0.035704085
37	0.0185	0.035704085
38	0.019	0.035704085
39	0.0195	0.035704085

40	0.02	0.035704085
41	0.0205	0.035704085
42	0.021	0.035704085
43	0.0215	0.035704085
44	0.022	0.035704085
45	0.0225	0.035704085
46	0.023	0.035704085
47	0.0235	0.035704085
48	0.024	0.035704085
49	0.0245	0.035704085
50	0.025	0.035704085
51	0.0255	0.035704085
52	0.026	0.035704085
53	0.0265	0.035704085
54	0.027	0.035704085
55	0.0275	0.035704085
56	0.028	0.035704085
57	0.0285	0.035704085
58	0.029	0.035704085
59	0.0295	0.035704085
60	0.03	0.035704085
61	0.0305	0.035704085
62	0.031	0.035704085
63	0.0315	0.035704085
64	0.032	0.035704085
65	0.0325	0.035704085
66	0.033	0.035704085
67	0.0335	0.035704085
68	0.034	0.035704085
69	0.0345	0.035704085
70	0.035	0.035704085
71	0.0355	0.035704085
72	0.036	0.035704085
73	0.0365	0.035704085
74	0.037	0.035704085
75	0.0375	0.035704085
76	0.038	0.035704085
77	0.0385	0.035704085
78	0.039	0.035704085
79	0.0395	0.035704085
80	0.04	0.035704085
81	0.0405	0.035704085
82	0.041	0.035704085

83	0.0415	0.035704085
84	0.042	0.035704085
85	0.0425	0.035704085
86	0.043	0.035704085
87	0.0435	0.035704085
88	0.044	0.035704085
89	0.0445	0.035704085
90	0.045	0.035704085
91	0.0455	0.035704085
92	0.046	0.035704085
93	0.0465	0.035704085
94	0.047	0.035704085
95	0.0475	0.035704085
96	0.048	0.035704085
97	0.0485	0.035704085
98	0.049	0.035704085
99	0.0495	-0.0357
100	0.05	-0.0357
101	0.0505	-0.0357
102	0.051	-0.0357
103	0.0515	-0.0357
104	0.052	-0.0357
105	0.0525	-0.0357
106	0.053	-0.0357
107	0.0535	-0.0357
108	0.054	-0.0357
109	0.0545	-0.0357
110	0.055	-0.0357
111	0.0555	-0.0357
112	0.056	-0.0357
113	0.0565	-0.0357
114	0.057	-0.0357
115	0.0575	-0.0357
116	0.058	-0.0357
117	0.0585	-0.0357
118	0.059	-0.0357
119	0.0595	-0.0357
120	0.06	-0.0357
121	0.0605	0.0357
122	0.061	0.0357
123	0.0615	0.0357
124	0.062	0.0357
125	0.0625	0.0357

126	0.063	0.0357
127	0.0635	0.0357
128	0.064	0.0357
129	0.0645	0.0357
130	0.065	0.0357
131	0.0655	0.0357
132	0.066	0.0357
133	0.0665	0.0357
134	0.067	0.0357
135	0.0675	0.0357
136	0.068	0.0357
137	0.0685	0.0357
138	0.069	0.0357
139	0.0695	0.0357
140	0.07	0.0357
141	0.0705	0.0357
142	0.071	0.0357
143	0.0715	0.0357
144	0.072	0.0357
145	0.0725	0.0357
146	0.073	0.0357
147	0.0735	0.0357
148	0.074	0.0357
149	0.0745	0.0357
150	0.075	0.0357
151	0.0755	0.0357
152	0.076	0.0357
153	0.0765	0.0357
154	0.077	0.0357
155	0.0775	0.0357
156	0.078	0.0357
157	0.0785	0.0357
158	0.079	0.0357
159	0.0795	0.0357
160	0.08	0.0357
161	0.0805	0.0357
162	0.081	-0.0357
163	0.0815	-0.0357
164	0.082	-0.0357
165	0.0825	-0.0357
166	0.083	-0.0357
167	0.0835	-0.0357
168	0.084	-0.0357

169	0.0845	-0.0357
170	0.085	-0.0357
171	0.0855	-0.0357
172	0.086	-0.0357
173	0.0865	-0.0357
174	0.087	-0.0357
175	0.0875	-0.0357
176	0.088	-0.0357
177	0.0885	-0.0357
178	0.089	-0.0357

Lampiran 7. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 9 arah jam 8

Pixel terbaca : X: 336 dan Y:63 dan tidak terjadi perubahan pixel.

Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169

22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169

65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169

108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169
119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169
125	0.125	0.071408169
126	0.126	0.071408169
127	0.127	0.071408169
128	0.128	0.071408169
129	0.129	0.071408169
130	0.13	0.071408169
131	0.131	0.071408169
132	0.132	0.071408169
133	0.133	0.071408169
134	0.134	0.071408169
135	0.135	0.071408169
136	0.136	0.071408169
137	0.137	0.071408169
138	0.138	0.071408169
139	0.139	0.071408169
140	0.14	0.071408169
141	0.141	0.071408169
142	0.142	0.071408169
143	0.143	0.071408169
144	0.144	0.071408169
145	0.145	0.071408169
146	0.146	0.071408169
147	0.147	0.071408169
148	0.148	0.071408169
149	0.149	0.071408169
150	0.15	0.071408169

151	0.151	0.071408169
152	0.152	0.071408169
153	0.153	0.071408169
154	0.154	0.071408169
155	0.155	0.071408169
156	0.156	0.071408169
157	0.157	0.071408169
158	0.158	0.071408169
159	0.159	0.071408169
160	0.16	0.071408169
161	0.161	0.071408169
162	0.162	0.071408169
163	0.163	0.071408169
164	0.164	0.071408169
165	0.165	0.071408169
166	0.166	0.071408169
167	0.167	0.071408169
168	0.168	0.071408169
169	0.169	0.071408169
170	0.17	0.071408169
171	0.171	0.071408169
172	0.172	0.071408169
173	0.173	0.071408169
174	0.174	0.071408169
175	0.175	0.071408169
176	0.176	0.071408169
177	0.177	0.071408169

5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169

Lampiran 8. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 16 arah jam 8

Pixel terbaca : X: 384 dan Y:74dan tidak terjadi perubahan pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169

48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169

91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169
108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169
119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169
125	0.125	0.071408169
126	0.126	0.071408169
127	0.127	0.071408169
128	0.128	0.071408169
129	0.129	0.071408169
130	0.13	0.071408169
131	0.131	0.071408169
132	0.132	0.071408169
133	0.133	0.071408169

134	0.134	0.071408169
135	0.135	0.071408169
136	0.136	0.071408169
137	0.137	0.071408169
138	0.138	0.071408169
139	0.139	0.071408169
140	0.14	0.071408169
141	0.141	0.071408169
142	0.142	0.071408169
143	0.143	0.071408169
144	0.144	0.071408169
145	0.145	0.071408169
146	0.146	0.071408169
147	0.147	0.071408169
148	0.148	0.071408169
149	0.149	0.071408169
150	0.15	0.071408169
151	0.151	0.071408169
152	0.152	0.071408169
153	0.153	0.071408169
154	0.154	0.071408169
155	0.155	0.071408169
156	0.156	0.071408169
157	0.157	0.071408169
158	0.158	0.071408169
159	0.159	0.071408169
160	0.16	0.071408169
161	0.161	0.071408169
162	0.162	0.071408169
163	0.163	0.071408169
164	0.164	0.071408169
165	0.165	0.071408169
166	0.166	0.071408169

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169
2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169

Lampiran 9. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 23 arah jam 8

Pixel terbaca : X: 598 dan Y:64 dan tidak terjadi perubahan pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169
45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169

82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169
88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169
108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169
119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169

125	0.125	0.071408169
126	0.126	0.071408169
127	0.127	0.071408169
128	0.128	0.071408169
129	0.129	0.071408169
130	0.13	0.071408169
131	0.131	0.071408169
132	0.132	0.071408169
133	0.133	0.071408169
134	0.134	0.071408169
135	0.135	0.071408169
136	0.136	0.071408169
137	0.137	0.071408169
138	0.138	0.071408169
139	0.139	0.071408169
140	0.14	0.071408169
141	0.141	0.071408169
142	0.142	0.071408169
143	0.143	0.071408169
144	0.144	0.071408169
145	0.145	0.071408169
146	0.146	0.071408169
147	0.147	0.071408169
148	0.148	0.071408169
149	0.149	0.071408169
150	0.15	0.071408169
151	0.151	0.071408169
152	0.152	0.071408169
153	0.153	0.071408169

2	0.002	0.071408169
3	0.003	0.071408169
4	0.004	0.071408169
5	0.005	0.071408169
6	0.006	0.071408169
7	0.007	0.071408169
8	0.008	0.071408169
9	0.009	0.071408169
10	0.01	0.071408169
11	0.011	0.071408169
12	0.012	0.071408169
13	0.013	0.071408169
14	0.014	0.071408169
15	0.015	0.071408169
16	0.016	0.071408169
17	0.017	0.071408169
18	0.018	0.071408169
19	0.019	0.071408169
20	0.02	0.071408169
21	0.021	0.071408169
22	0.022	0.071408169
23	0.023	0.071408169
24	0.024	0.071408169
25	0.025	0.071408169
26	0.026	0.071408169
27	0.027	0.071408169
28	0.028	0.071408169
29	0.029	0.071408169
30	0.03	0.071408169
31	0.031	0.071408169
32	0.032	0.071408169
33	0.033	0.071408169
34	0.034	0.071408169
35	0.035	0.071408169
36	0.036	0.071408169
37	0.037	0.071408169
38	0.038	0.071408169
39	0.039	0.071408169
40	0.04	0.071408169
41	0.041	0.071408169
42	0.042	0.071408169
43	0.043	0.071408169
44	0.044	0.071408169

Lampiran 10. Data amplitudo hasil dari konversi pixel yang terbaca di ImageJ orifice 30 arah jam 8

Pixel terbaca : X: 448 dan Y:134 dan tidak terjadi perubahan pixel.
Kalibrasi : 1mm = 14.004 pixel

Nomor	Detik (s)	Amplitudo (mm)
0	0	0.071408169
1	0.001	0.071408169

45	0.045	0.071408169
46	0.046	0.071408169
47	0.047	0.071408169
48	0.048	0.071408169
49	0.049	0.071408169
50	0.05	0.071408169
51	0.051	0.071408169
52	0.052	0.071408169
53	0.053	0.071408169
54	0.054	0.071408169
55	0.055	0.071408169
56	0.056	0.071408169
57	0.057	0.071408169
58	0.058	0.071408169
59	0.059	0.071408169
60	0.06	0.071408169
61	0.061	0.071408169
62	0.062	0.071408169
63	0.063	0.071408169
64	0.064	0.071408169
65	0.065	0.071408169
66	0.066	0.071408169
67	0.067	0.071408169
68	0.068	0.071408169
69	0.069	0.071408169
70	0.07	0.071408169
71	0.071	0.071408169
72	0.072	0.071408169
73	0.073	0.071408169
74	0.074	0.071408169
75	0.075	0.071408169
76	0.076	0.071408169
77	0.077	0.071408169
78	0.078	0.071408169
79	0.079	0.071408169
80	0.08	0.071408169
81	0.081	0.071408169
82	0.082	0.071408169
83	0.083	0.071408169
84	0.084	0.071408169
85	0.085	0.071408169
86	0.086	0.071408169
87	0.087	0.071408169

88	0.088	0.071408169
89	0.089	0.071408169
90	0.09	0.071408169
91	0.091	0.071408169
92	0.092	0.071408169
93	0.093	0.071408169
94	0.094	0.071408169
95	0.095	0.071408169
96	0.096	0.071408169
97	0.097	0.071408169
98	0.098	0.071408169
99	0.099	0.071408169
100	0.1	0.071408169
101	0.101	0.071408169
102	0.102	0.071408169
103	0.103	0.071408169
104	0.104	0.071408169
105	0.105	0.071408169
106	0.106	0.071408169
107	0.107	0.071408169
108	0.108	0.071408169
109	0.109	0.071408169
110	0.11	0.071408169
111	0.111	0.071408169
112	0.112	0.071408169
113	0.113	0.071408169
114	0.114	0.071408169
115	0.115	0.071408169
116	0.116	0.071408169
117	0.117	0.071408169
118	0.118	0.071408169
119	0.119	0.071408169
120	0.12	0.071408169
121	0.121	0.071408169
122	0.122	0.071408169
123	0.123	0.071408169
124	0.124	0.071408169