

**TUGAS SARJANA**  
**KONVERSI ENERGI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA ALAT PENUKAR**  
**KALOR *FIN-TUBE CROSS FLOW* TABUNG SEJAJAR**  
**MENGGUNAKAN SIRIP BERBENTUK SEGI EMPAT**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusunoleh :**

**NAMA : DEDDY SETIAWAN**

**NPM : 1307230236**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN- I**

**TUGAS SARJANA**

**KONVERSI ENERGI**

**STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA ALAT  
PENUKAR KALOR *FIN-TUBE CROSS FLOW*  
TABUNG SEJAJAR MENGGUNAKAN SIRIP  
BERBENTUK SEGI EMPAT**

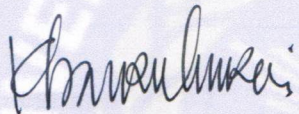
Disusun Oleh :

**DEDDY SETIAWAN**

1307230236

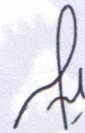
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I



(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Pembimbing – II



(H. Muharnif M, S.T.,M.Sc)

Diketahui Oleh :

Ka.Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN – II**

**TUGAS SARJANA**

**KONVERSI ENERGI**

**STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA ALAT  
PENUKAR KALOR *FIN-TUBE CROSS FLOW*  
TABUNG SEJAJAR MENGGUNAKAN SIRIP  
BERBENTUK SEGI EMPAT**

Disusun Oleh :

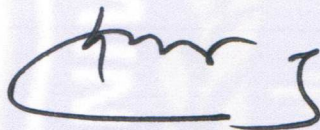
**DEDDY SETIAWAN**

1307230236

Telah diperiksa dan diperbaiki  
Pada seminar tanggal 20 Januari 2018


Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(Munawar A. Siregar, S.T., M.T)

Pembanding – II



(Bekti Suroso, S.T., M.Eng)

Diketahui oleh :

**Ka. Program Studi Teknik Mesin**



(Affandi, S.T)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

**DAFTAR SPESIFIKASI**  
**TUGAS SARJANA**

Nama Mahasiswa : DEDDY SETIAWAN

NPM : 1307230236

Semester : X

SPESIFIKASI :

STUDI EKSPERIMENTA UNJUK KERJA ALAT PENUKAR KALOR *FIN-TUBE*

*CROSS FLOW* TABUNG SEJAJAR MENGGUNAKAN SIRIP BERBENTUK SEGI

EMPAT

Diberikan Tanggal : 20 Juni 2017

Selesai Tanggal : 28 Desember 2017

Tempat Asistensi : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 18 Februari 2018.

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

Dosen Pembimbing – I



(AFFANDI, S.T)

(KHAIRUL UMURANI, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

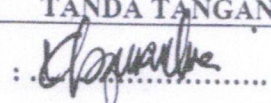
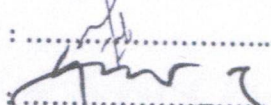
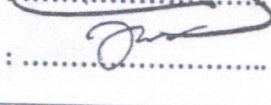
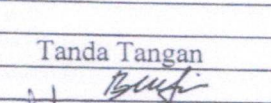
**DAFTAR HADIR ASISTENSI**  
**TUGAS SARJANA**

**NAMA** : DEDDY SETIAWAN  
**NPM** : 1307230236  
**PEMBIMBING – I** : KHAIRUL UMURAN, S.T, M.T  
**PEMBIMBING – II** : H. MUHARNIF, S.T, M.Sc

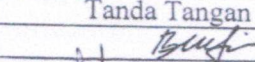
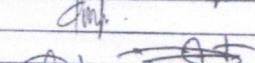
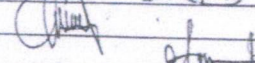


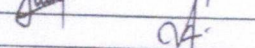

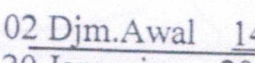
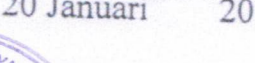
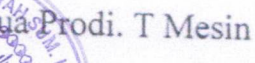
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	Kamis, 03/08-2017	- Rombongan efisiensi tugas	le
	Kamis, 10/08-2017	- Perbincangan tugas penelitian	le
	Kamis, 31/08-2017	- Perbincangan materi tugas masalah	le
	Kamis, 14/09-2017	- Perbincangan Metode penelitian	le
	Kamis, 21/09-2017	- Laporan ke pembimbing II	le
	Rabu 09/10-2017	- Perbaiki Bab II aliran Cross flow	f
	Jumat 13/10-2017	- Perbaiki batasan Masalah	f
	Rabu 25/10-2017	- Perbaiki Keterangan Grafik	f
	Jumat 17/11-2017	- Buat Keterangan Efektifitas Grafik	f
	Kamis 14/12-2017	- Aa, Semangat	le

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK - UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2017 - 2018**

Peserta Seminar  
 Nama : Deddy Setiawan  
 NPM : 1307230236  
 Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Fin Tube Akibat Jarak tabung Sejajar Menggunakan Sirip - Berbentuk Segi Empat.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing - I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembimbing - II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pemanding - I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	:	
Pemanding - II	: Bekti Suroso.S.T.M.Eng	:	


  

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230320	BILVI ARDIKA	
2	1307230270	Muhammad Yudhi	
3	1307230286	DEDI SURYADI	
4	1307230035	Ahmat Panggabean	
5	1307230229	AKBAR KELANA	
6	1307230226	IWAN RIZKA RIYANTO	
7	1307230181	DWI SEPTIAN	
8	1307230276	FIRI HANIATI LUBIS.	
9	1307230279	JORO SISWANTO	
10	1307230295	JEPRI SUARNO	

Medan, 02 Djm. Awal 1439 H  
20 Januari 2018 M



Ketua Prodi. T Mesin

  
Affandi.S.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Deddy Setiawan  
NPM : 1307230236  
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Unjuk kerja Alat Penukar Kalor Fin Tube –  
Akibat Jarak Tabung Sejajar menggunakan Sirip Berbentuk Segi  
Empat

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*— Cara belalang, Tujuan, masalah .....*  
*— jumlah ribuis tabung sejajar sirip berbentuk segi empat .....*  
*— Judul : Cara ditunjukkan cross flow .....*

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :
- .....
- .....
- .....

Medan 02 Djum.Awal 1439H  
20 Januari 2018 M

Diketahui :  
Revisi Prodi. T.Mesin



Handi.S.T

Dosen Pembanding- I

*Munawar A Siregar*  
Munawar A Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Deddy Setiawan  
NPM : 1307230236  
Judul T. Akhir : Studi Eksperimental Unjuk kerja Alat Penukar Kalor Fin Tube –  
Akibat Jarak Tabung Sejajar menggunakan Sirip Berbentuk Segi  
Empat

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T,  
Dosen Pembimbing – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pemanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*Perbaikan pada pendisain T.igas Akhir, check pada  
materi T.igas Akhir,  
Gunakan bahasa yang baik,  
Tambahkan daftar pustaka (Kosman)*

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :
- .....
- .....
- .....
- .....

Medan 02 Djum.Awal 1439H  
20 Januari 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



*Affandi.S.T*

Dosen Pemanding- II

Bekti Suroso.S.T.M.Eng



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Deddy Setiawan  
Tempat / Tanggal Lahir : Kisaran , 28 September 1993  
NPM : 1307230236  
BidangKonsentrasi : Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana saya ini yang berjudul :

**“Studi Eksperimental Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor *Fin Tube Cross Flow* Tabung Sejajar Menggunakan Sirip Berbentuk Segiempat”**

Bukan merupakan pencurian hasil karya milik orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas sarjana saya secara orsinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau pun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Februari 2018

Saya yang menyatakan,



**DEDDY SETIAWAN**

## ABSTRAK

Alat penukar kalor (*heat exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua buah fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperatur yaitu fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. *Compact heat exchanger* merupakan salah satu tipe dari alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang memiliki luasan perpindahan panas per unit *volume* yang paling besar ( $\geq 400 \text{ m}^2/\text{m}^3$  for liquids dan  $\geq 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$  for gases) yang tersusun dari *fin and tube*. Penelitian merupakan studi eksperimental unjuk kerja dari *fin and tube heat exchanger* tipe *compact* susunan sejajar. Data hasil pengujian untuk menghitung total perpindahan panas ( $q$ ), pressure drop ( $\Delta P$ ), perbedaan suhu rata-rata ( $\Delta T$  LMTD). Pengujian menggunakan *Sub Sonic Windtunnel* dengan memvariasikan kecepatan blower (kecepatan 1, kecepatan 2 dan kecepatan 3), bukaan katup (bukaan 50%, dan 100%), dan range temperatur lebih kurang  $60^\circ\text{C}$ . Dari hasil pengujian diperoleh hasil terbaik dengan laju perpindahan panas udara ( $q_{\text{udara}}$ ) tertinggi 1.020 watt dan laju perpindahan panas air ( $q_{\text{air}}$ ) tertinggi 1073.6,6 watt, dan untuk *pressure drop* ( $\Delta P$ ) 0,0113 Pa menggunakan, perbedaan suhu rata-rata ( $\Delta T$  LMTD)  $22,10^\circ\text{C}$

**Kata kunci :** *Compact heat exchanger*, susunan tabung sejajar menggunakan sirip segi empat

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Adapun judul dari Tugas Akhir yang di ambil oleh penulis adalah **“Studi Eksperimental Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor *Fin Tube Cross Flow* Tabung Sejajar Menggunakan Sirip Berbentuk Segiempat”**.

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang di sebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun material dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas Sarjana ini.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, Ayahanda Jumadi, Ibunda Sugini dan istri saya Dewi Jaya Sari Amd, dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik serta selalu memberikan Suport dan doa yang tulus, ikhlas, dengan penuh kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar,S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Dr. Ade Faisal,S.T.,M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Khairul Umurani,S.T.,M.T, selaku wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan serta perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat selesai dengan baik.
5. Bapak H. Muharnif M, S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan serta perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat selesai dengan baik.
6. Bapak Affandi, S.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Tehnik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama di bangku kuliah.
9. Seluruh Pegawai Tata Usaha dan Seluruh Dosen pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Rekan rekan Lab Teknik Mesin dan teman teman yang lain yang banyak membantu dan memotivasi penulis.
11. Terima kasih juga teman teman seperjuangan stambuk 2013.

Penulis Menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulis tugas Sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.  
Bilahi fil shabali haq, fastabiqul khairat.  
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, February 2018

Penulis

DEDDY SETIAWAN

1307230236

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR SPESIFIKASI</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>ABSTRAK</b>	i
<b>KATA PENGANTAR</b>	ii
<b>DAFTAR ISI</b>	iv
<b>DAFTAR TABEL</b>	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	vii
<b>DAFTAR NOTASI</b>	viii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.4.1. Tujuan Umum	2
1.4.2. Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat Studi Eksperimental	3
1.6. Sistematika Laporan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Perpindahan Kalor	5
2.2. Jenis Alat Penukar Kalor	6
2.3. Proses Perpindahan Kalor	14
2.3.1. Pancaran ( Radiasi )	14
2.3.2. Hantaran (Konduksi)	15
2.3.3. Aliran (Konveksi)	18
2.4. Fungsi Alat Penukar Kalor	20

2.5. Parameter Yang Digunakan	23
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.1.1. Tempat	27
3.1.2. Waktu	27
3.2. Kerangka Konsep Penelitian	27
3.3. Alat Penguji	28
3.4. Alat yang akan di uji	35
3.5. Skema uji eksperimental	36
3.6. Diagram alir studi Eksperimental	37
3.7. Proses studi eksperimental	38
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil	42
4.1.1. Data Hasil Studi Eksperimental	42
4.1.2. Perhitungan Data Hasil Studi Eksperimental	42
4.2 Pembahasan	49
4.2.1 Pengujian efektifitas terhadap bukaan katup	49
4.2.2. Pengujian koefisien panas menyeluruh terhadap bukaan katup	51
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>CURRICULUM VITAE</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Arduino <i>Fin Tube</i> Sejajar Sirip Segiempat	42
Tabel 4.2	Interpolasi <i>fluida property</i> udara berdasarkan temperatur	43
Tabel 4.3	Interpolasi <i>fluida property</i> air berdasarkan temperature	43
Tabel 4.4	Efektifitas terhadap bukaan katup tabung sejajar	49
Tabel 4.5	Efektifitas terhadap bukaan katup selang seling ( <i>Sumber dari Skripsi Dwi Septian</i> )	50
Tabel 4.6	Koefesien perpindahan panas menyeluruh terhadap bukaan katup susunan tabung sejajar	51
Tabel 4.7	Koefesien perpindahan panas menyeluruh terhada bukaan susunan tabung selang seling ( <i>Sumber Skripsi Dwi</i> )	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Compact Heat Exchanger	5
Gambar 2.2	Penukar kalor <i>pararel flow dan couter flow</i>	7
Gambar 2.3	Penukar kalor melintang	7
Gambar 2.4	Temperatur Distribution <i>Cross flow</i>	7
Gambar 2.5	Arah aliran dan fluida yang saling bersilangan	8
Gambar 2.6	Tipe susunan <i>tube</i> alat penukar kalor	9
Gambar 2.7	Jenis susunan tabung	10
Gambar 2.8	Aliran <i>Flow</i> fluida tabung sejajar	10
Gambar 2.9	Jenis muka bersirip menurut <i>kern dan Kraus</i>	11
Gambar 2.10	Penukar kalor <i>Shell and Tube</i>	12
Gambar 2.11	Penukar kalor <i>Shell and Tube</i>	12
Gambar 2.12	Type <i>compact heat exchangers</i>	13
Gambar 2.13	Proses perpindahan kalor	14
Gambar 2.14	Perpindahan Panas Konduksi, Konveksi, Radiasi	15
Gambar 2.15	Proses perpindahan Kalor secara Konduksi	16
Gambar 2.16	Perpindahan kalorsatu dimensi melalui dinding komposit dan analogi listrik	17
Gambar 2.17	Pendingin sebuah Balok yang panas dengan koveksi paksa	19
Gambar 2.18	Aliran laminar	22
Gambar 2.19	Aliran transisi	22
Gambar 2.20	Aliran turbulen	23
Gambar 3.1	<i>Sub Sonic Wind tunnel</i>	28
Gambar 3.2	Fan	29
Gambar 3.3	Pompa Air	29
Gambar 3.4	Katup <i>bypass</i>	30
Gambar 3.5	<i>Hot Wire Anemometre</i>	30
Gambar 3.6	Tabung Pitot ( Manometer Pipa U)	31
Gambar 3.7	Tangki Pemanas Dan <i>Heater</i>	31
Gambar 3.8	<i>Water Flow sensor</i>	32
Gambar 3.9	Relay	32
Gambar 3.10	Sensor Temperatur LM35	33
Gambar 3.11	<i>Arduino Uno</i>	34
Gambar 3.12	Laptop	34
Gambar 3.13	<i>Fin and Tube Heat Exchanger</i> sejajar menggunakan sirip segi empat	35
Gambar 3.14	Skema uji Eksperimental	36
Gambar 3.15	Diagram Aliran Studi Eksperimental	37
Gambar 3.16	Peletakan <i>Fin and tube Heat Exchanger</i>	39
Gambar 3.17	Posisi <i>sensor</i> Temperatur LM35	38
Gambar 3.18	Posisi <i>Water Flow sensor</i>	39
38Gambar 3.19	Posisi Hot Wire Anemometer	39
Gambar 3.20	Bukaan Katup ByPass	40
Gambar 4.1	Diameter Pipa Tembaga	43



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
$q_x$	Energi di muka kiri	
$q$	Laju perpindahan panas	Watt
$\Delta_x$	Panjang batang	mm
$A$	Luas penampang	$m^2$
$k$	Konduktifitas termal	$W/m \cdot ^\circ C$
$\Delta T$	Perbedaan temperatur	$^\circ C$
$h$	Koefisien konveksi	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
$T_w$	Temperatur dinding tabung	$^\circ C$
$T_\infty$	Temperatur ruangan	$^\circ C$
$T_{in}$	Temperatur udara masuk	$^\circ C$
$T_{out}$	Temperatur udara keluar	$^\circ C$
$\rho$	Massa jenis	$Kg/m^3$
$m$	Massa	Kg
$Sg$	<i>Spesific Gravity</i>	
$P$	Tekanan	Pa
$F$	Gaya	N
$\mu$	Viskositas dinamik	$Kg/m \cdot s$
$\nu$	Viskositas kinematik	$m^2/s$
$\dot{m}$	Laju aliran massa	$Kg/s$
$Re$	Bilangan reynold	
$v$	Kecepatan	m/s
$D_h$	Diameter hidrolis	m
$A_T$	Luas area perpindahan panas	m
$T_{in}$	Temperatur air masuk	$^\circ C$
$T_{out}$	Temperatur air keluar	$^\circ C$
$\Delta T_{LMTD}$	<i>Long Mean Temperature Different</i>	$^\circ C$
$Nu$	Bilangan nusselt	
$Pr$	Bilangan prandalt	
$f$	Faktor gesekan	
$G$	Kecepatan massa	$Kg \cdot m^2/s$
$N$	Jumlah baris pada APK	
$U$	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
$e$	Efektifitas	$^\circ C$

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pendingin. Penukar kalor dirancang agar perpindahan kalor antar fluida dapat berlangsung secara efektif. Dalam Pertukaran kalor ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur air di dalam tabung (*tube*) dan temperatur udara luar yang mendinginkan temperatur air.

Salah satu tipe alat penukar kalor yang paling banyak digunakan adalah *fin tube heat exchanger*. Dimana temperatur air di dalam *tube* berbeda dengan temperatur di luar *tube* sehingga terjadi aliran panas diantara aliran fluida di dalam *tube* dan di luar *tube*. *Tube* merupakan bidang pemisah antara dua fluida yang mengalir, dan sekaligus sebagai bidang perpindahan panas. Pada umumnya *flow* fluida yang mengalir di dalam *tube* lebih kecil dibandingkan dengan *flow* fluida yang mengalir di dalam *tube*. Dalam studi eksperimental ini di gunakan susunan *tube* sejajar. Tidak terlepas dari susunan *tube*, jarak dari susunan *tube* juga memengaruhi *flow* udara yang masuk ke alat penukar kalor. Dimana susunan *tube* yang digunakan adalah sejajar dan memiliki jarak 5cm, sedangkan susunan *tube* selang seling memiliki jarak 10cm.

Penggunaan susunan *tube* sejajar memiliki penurunan kalor yang lebih kecil. Karena susunan yang sejajar sehingga udara yg masuk langsung melintasi diantara *tube*. Pada susunan *tube* juga memiliki sirip berbentuk segi empat, yang

diharapkan dapat melepaskan kalor didalam *tube* lebih optimal. Proses pendinginan ini banyak digunakan dalam kendaraan bermotor yaitu radiator.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh susunan tabung sejajar menggunakan sirip berbentuk segi empat.
2. Bagaimana pengaruh susunan segi empat dengan membandingkan susunan tabung selang seling.

## 1.3 Batasan Masalah

1. Alat Penukar kalor yang digunakan *Heat Exchanger type fin tube*
2. Aliran yang digunakan dalam eksperimen ini adalah *crossflow* dengan fluida air dan udara dan menggunakan speed kipas yang di variasikan.
3. Data studi eksperimen ini tidak membahas tentang radiator
4. Jarak tabung sejajar adalah 5cm.
5. Data tabung selang seling di ambil dari skripsi Dwi septian.

## 1.4 Tujuan Penelitian

### 1.4.1 Tujuan Umum

- Untuk mendapatkan data Alat Penukar kalor *fin tube* sejajar menggunakan sirip berbentuk segi empat.
- Mengolah data dengan perhitungan unjuk kerja dengan variasi speed kipas

#### 1.4.2 Tujuan Khusus

- Untuk mendapatkan jumlah panas.
- Untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas .
- Untuk mendapatkan *Pressure Drop*.
- Untuk membandingkan unjuk kerja susunan tabung sejajar dengan susunan tabung selang seling.

#### 1.5 Manfaat

Dalam eksperimen ini supaya dapat mengambil data alat penukar kalor *fin tube Heat Exchanger* sebagai pengganti radiator.

#### 1.6 Sistematika Laporan

- **BAB I            PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang,tujuan rancangan,batasan masalah,metode penelitian dan sistematika penulisan.

- **BAB 2            TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menerangkan teori teori dasar yang diperlukan untuk menganalisa hasil pengujian *Heat exchanger*.

- **BAB 3            METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang mesin dan alat yang digunakan, langkah kerja dalam perakitan, dan pengambilan data.

- **BAB 4 HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang pengujian dan perhitungan data yang diperoleh saat pengujian mesin.

- **BAB 5 PENUTUP**

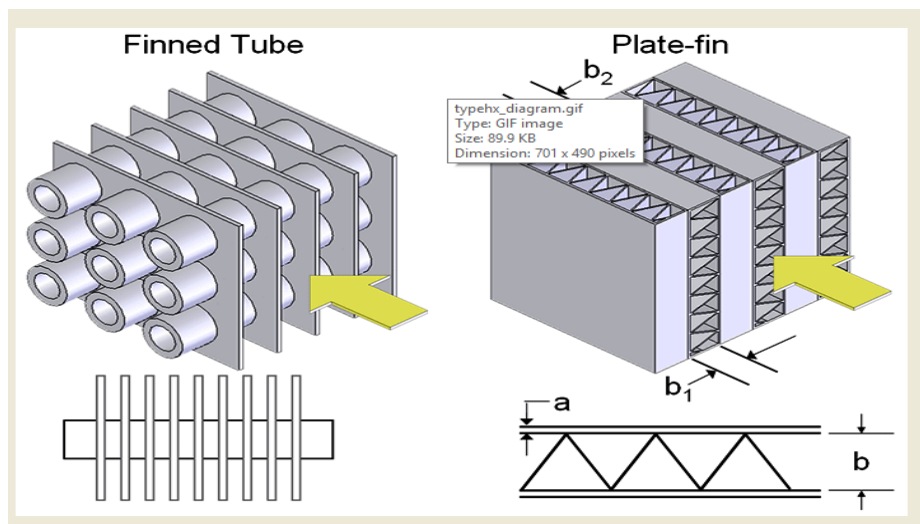
Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran, hal ini untuk menegaskan kembali keseluruhan dari laporan Tugas Akhir

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu energi (berupa kalor) dari suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperatur lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Proses perpindahan panas tersebut dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung.



Gambar 2.1. Compact Heat Exchanger

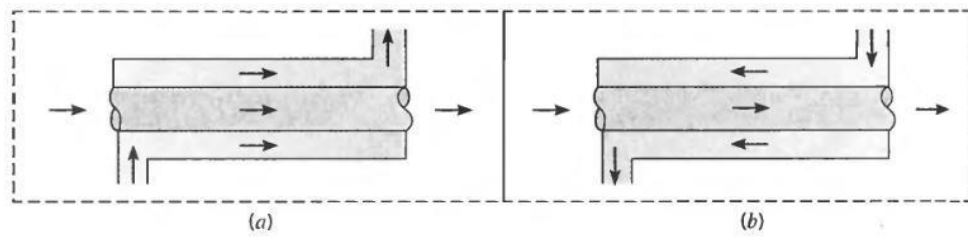
Untuk mengetahui kinerja alat penukar panas, ada hal yang harus diteliti dan dikembangkan dari penelitian sebelumnya.

1. Konfigurasi aliran.
2. Tingkat aliran sepanjang jalan setapak yang diresepkan.
3. Apakah resistansi panas transfer dari satu aliran lain pada setiap titik dalam volume penukar panas. Penentuan temperatur.

Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperatur lebih tinggi ke temperatur lebih rendah.

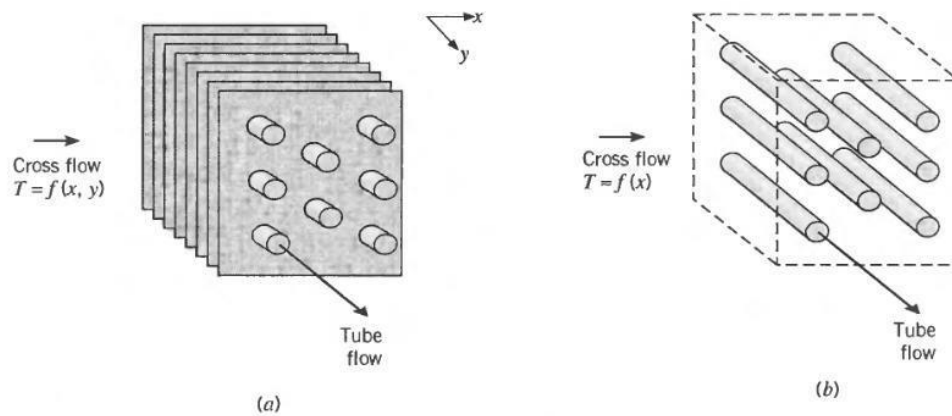
## **2.2 Jenis Alat Penukar Kalor**

Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) secara tipikal diklasifikasikan berdasarkan susunan aliran (*flow arrangement*) dan tipe konstruksi. Penukar kalor yang paling sederhana adalah satu penukar kalor yang mana fluida panas dan dingin bergerak atau mengalir pada arah yang sama atau berlawanan dalam sebuah pipa berbentuk bundar (atau pipa rangkap dua). Pada susunan aliran sejajar (*parallel-flow arrangement*) yang ditunjukkan Gambar 2.2a, fluida panas dan dingin masuk pada ujung yang sama, mengalir dalam arah yang sama dan keluar pada ujung yang sama. Pada susunan aliran berlawanan (*counterflow arrangement*) yang ditunjukkan Gambar 2.2b, kedua fluida tersebut pada ujung yang berlawanan, mengalir dalam arah yang berlawanan, dan keluar pada ujung yang berlawanan.

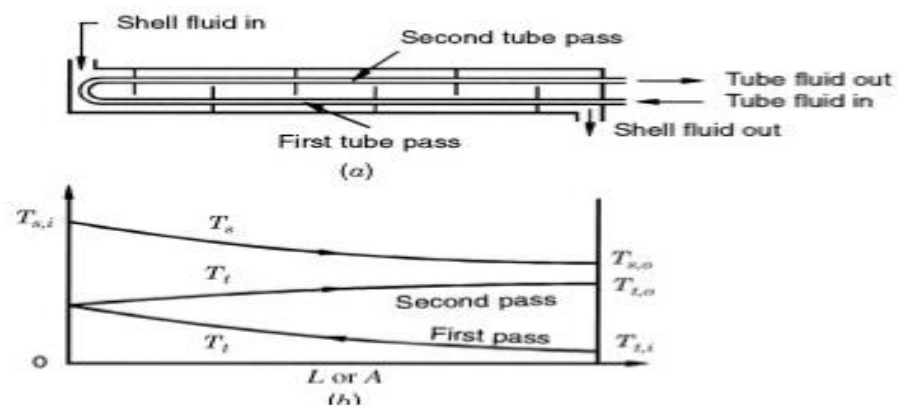


Gambar 2.2. Penukar kalor pipa konsentris (a) *parallel flow* (b) *counterflow*.

(Sumber: Geankoplis, C.J., 1978)

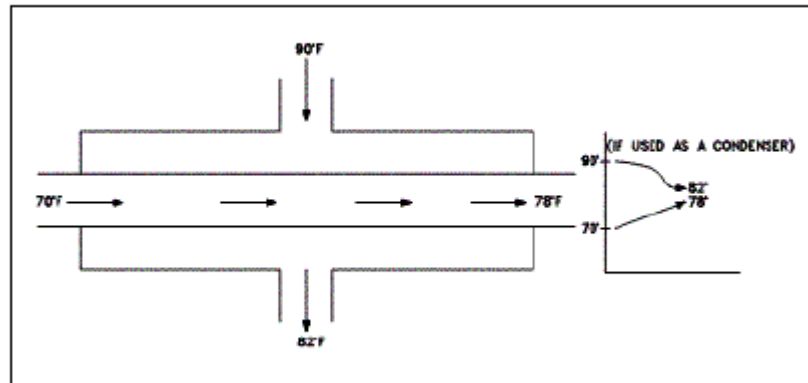


Gambar 2.3. Penukar kalor aliran melintang (a) bersip dengan kedua fluidanya tidak campur (b) tidak bersip dengan satu fluida campur dan satu fluida lagi tidak campur . (Sumber: R.K. Shah & D.P. Sekulic, 2003).



Gambar 2.4 Temperatur Distribution *Cross Flow*



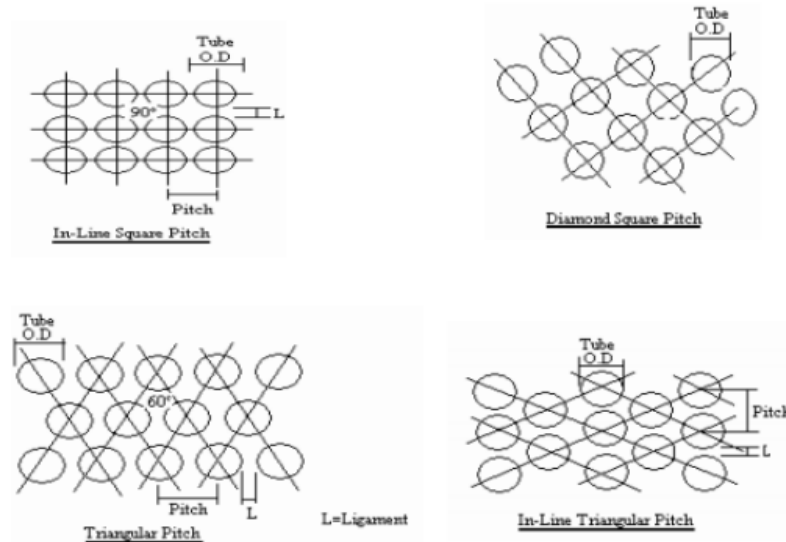


Gambar 2.5 Arah aliran dua fluida yang saling bersilangan (*Cross Flow*)

Fluida panas dan dingin bergerak dalam arah melintang (tegak lurus satu dengan yang lain), seperti yang ditunjukkan oleh alat penukar kalor berbentuk pipa bersirip dan tidak bersirip pada Gambar 2.2. Kedua konfigurasi ini secara tipikal dibedakan oleh sebuah perlakuan terhadap fluida di luar pipa sebagai fluida campur atau fluida tak campur. Gambar 2.2a, fluida disebut fluida tak campur karena sirip-sirip menghalangi gerakan fluida dalam satu arah (y) gerak tersebut melintang ke arah aliran utama (x).

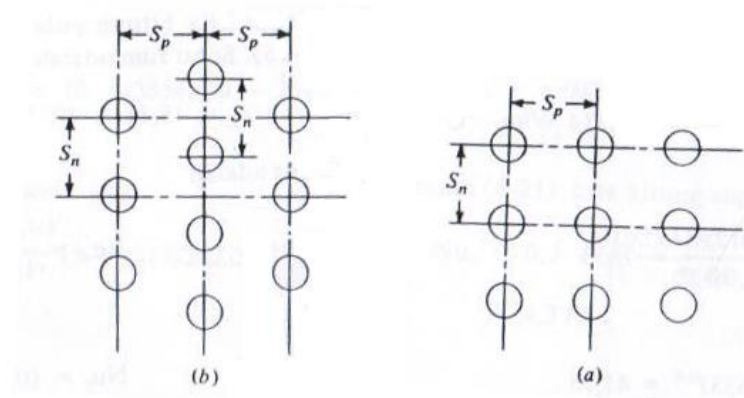
Kasus ini temperatur fluida bervariasi terhadap sumbu x dan y. Bedanya adalah untuk berkas pipa yang tidak bersirip pada Gambar 2.2b, gerakan memungkinkan untuk fluida bercampur dan variasi temperaturnya semata-mata hanya pada arah aliran utama. Karena aliran dalam pipa tidak bercampur, maka kedua fluida tidak bercampur untuk alat penukar kalor bersirip, sementara untuk satu fluida campur dan satu fluida lagi tidak bercampur untuk alat penukar kalor tidak bersirip. Sifat dari kondisi pencampuran itu secara signifikan bisa mempengaruhi performa penukar kalor.

Di samping aliran fluida, alat penukar kalor *fin tube Heat exchanger* juga memiliki berbagai susunan *tube* yang bervariasi. Dalam susunan *tube* ini yang masing memiliki tingkat nilai *flow* aliran fluida yang berbeda beda dan memiliki nilai efektifitas yg tidak sama.



Gambar 2.6 Tipe susunan *tube* alat penukar kalor

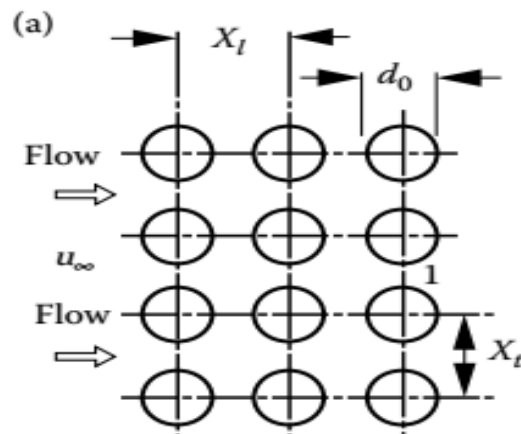
Karena kebanyakan susunan alat penukar kalor menyangkut tabung yang tersusun rangkap, maka masalah perpindahan kalor dalam rangkuman tabung (*Tube Bank*) merupakan hal yang penting dan mempunyai nilai praktis. Karakteristik perpindahan kalor pada rangkuman tabung yang segaris atau selang seling. Angka Reynold di dasarkan atas kecepatan maksimum yang diterjadi pada rangkuman tabung, yaitu kecepatan melalui bidang aliran yang minimum. Luas bidang ini tergantung dari susunan geometri tabung. Dalam eksperimenn ini di gunakan susunan tabung sejajar. Susunan tabung ini sangat baik dalam *flow* udara yang mengalir.



Gambar 2.7 (a)susunan tabung segari, (b)susunan tabung selang seling

(J.P Holman Perpindahan kalor hal 276)

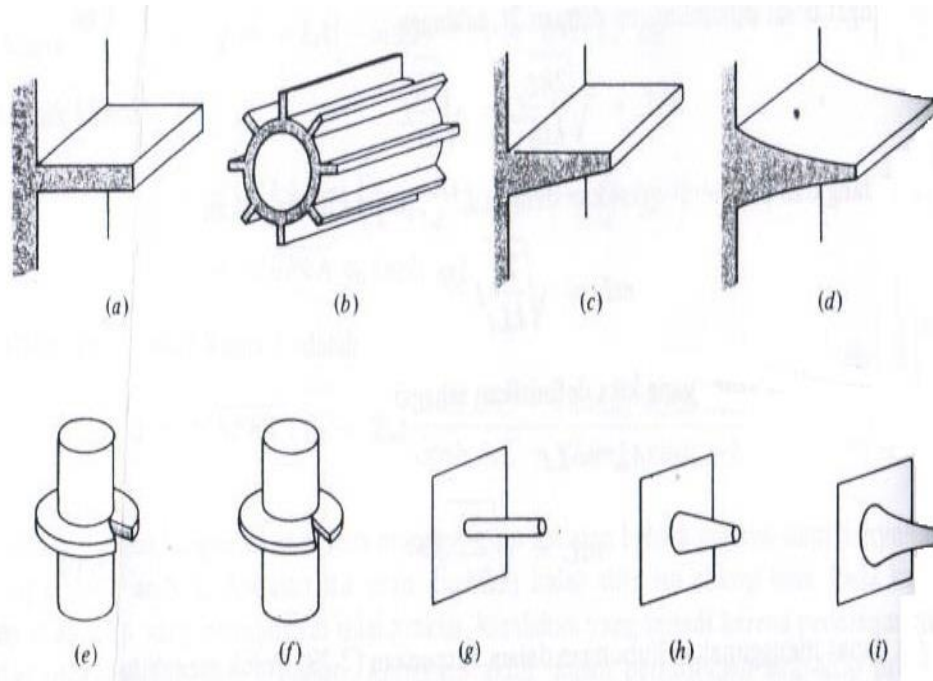
Sirip dengan susunan selang seling sangat baik dalam *flow* aliran fluida,di karenakan aliran fluida nya tidak bertumbuk pada susunan tabung nya .Berikut gambar aliran *flow* tabung sejajar.



Gambar 2.8 Aliran *Flow* fluida tabung sejajar

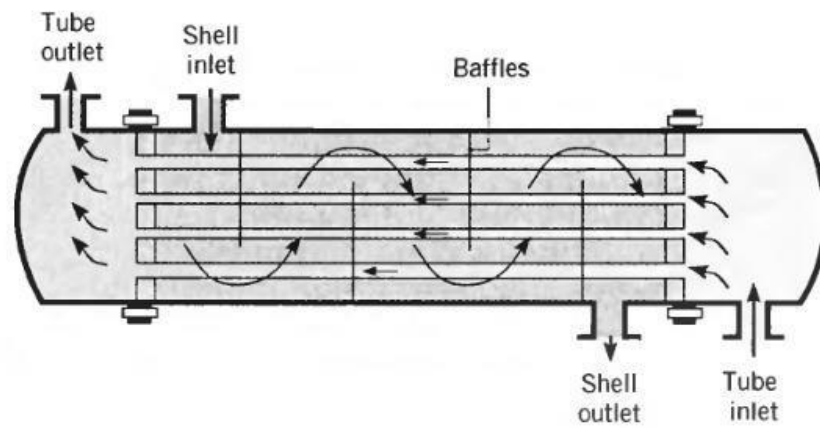
Dalam pengembangan di atas, luas penampang sirip mungkin tidak seluruhnya seragam. Sirip segitiga dan sirip segi empat dapat menunjukkan efisiensi sirip menjadi identic dengan sirip lurus dengan profil segi empat. Efisiensi sirip mencapai nilai maksimumnya untuk kasus trivial dimana  $L=0$ , yaitu

jika tidak ada sirip sama sekali. Jadi janganlah kita kita berharap untuk mendapatkan prestasi sirip yang maksimum dengan panjang sirip.

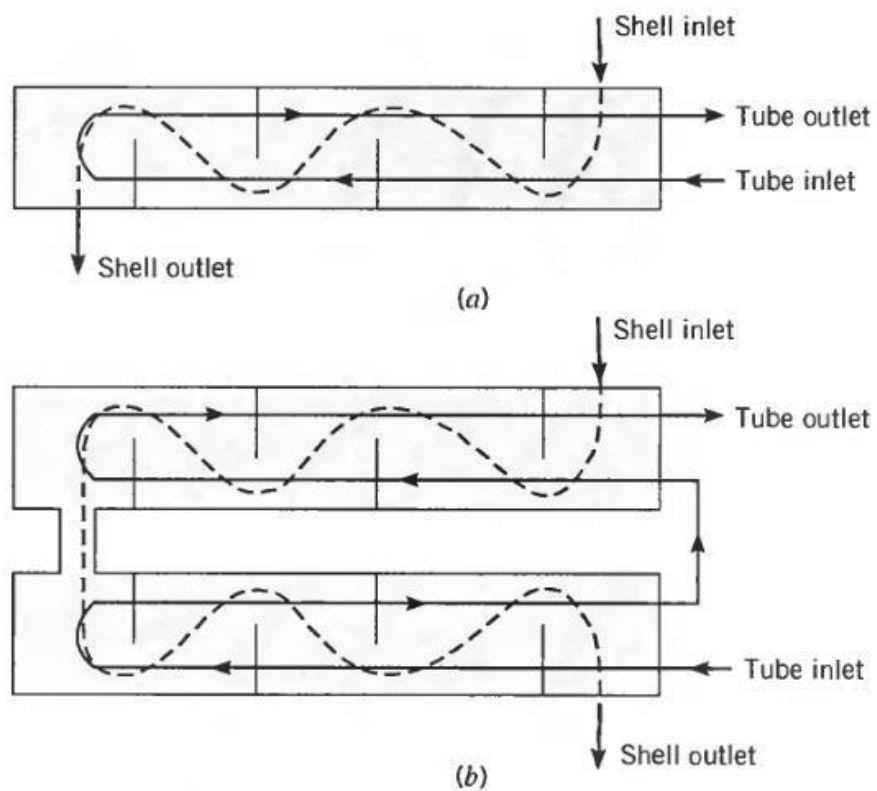


Gambar 2.9 Berbagai jenis muka bersirip menurut Kern dan Kraus. (a) sirip longitudinal (memanjang); (b) tabung silinder dengan sirip berprofil siku-empat; (c) sirip longitudinal dengan profil trapezoida; (d) sirip longitudinal dengan profil parabola; (e) tabung silinder dengan sirip radial berprofil siku empat; (f) tabung silinder dengan sirip radial berprofil kerucut terpotong; (g) duri berbentuk siliner; (h) duri berbentuk kerucut terpotong; (i) duri berbentuk parabola

(J.P Holman *Perpindahan Kalor, Hal 44*)



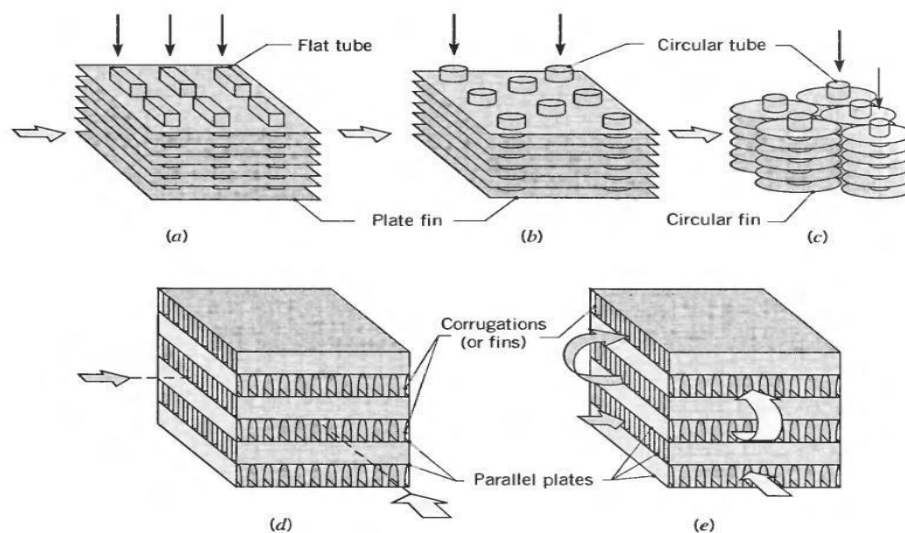
Gambar 2.10 Penukar kalor *Shell and Tube* dengan satu laluan shell dan satu laluan tube. (Sumber: Geankoplis, C.J.,1987)



Gambar 2.11. Penukar kalor *Shell and Tube* (a) satu laluan *shell* dan dua laluan *tube* (b) dua laluan *shell* dan empat laluan *tube*. (Sumber: Geankoplis,C.J.,1978)

Konfigurasi penting lainnya adalah penukar kalor *Shell and Tube*. Bentuk-bentuk *shell and tube* berbeda-beda sesuai dengan jumlah laluan dari *shell and tube*, dan bentuk sederhananya yang meliputi laluan *shell and tube* tunggal, ditunjukkan oleh Gambar 2.3. Sekat-sekat (*Baffles*) biasanya dipasang untuk meningkatkan koefisien perpindahan panas konveksi pada fluida sisi selongsong (*Shell*) dengan pengaruh aliran turbulensi dan komponen kecepatan aliran melintang.

Selain itu, Sekat-sekat itu juga menopang pipa-pipa yang ada di dalam cangkang, mengurangi getaran pipa akibat aliran. alat penukar kalor yang disekat dengan satu selongsong dan dua laluan pipa dan dengan dua laluan selongsong dan empat laluan pipa ditunjukkan dalam Gambar 2.4a dan Gambar 2.4b secara berurutan

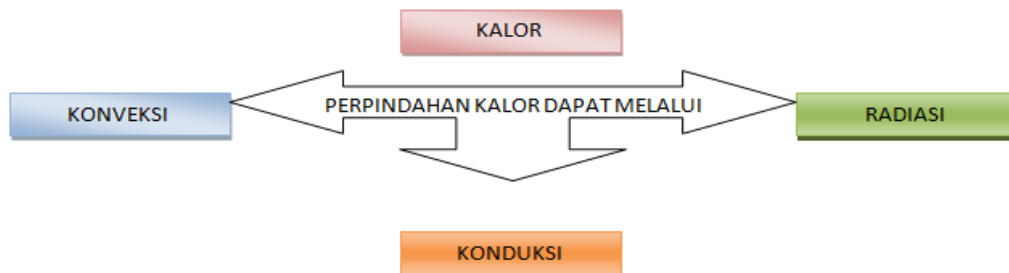


Gambar 2.12. Inti dari *compact heat exchangers* (a) *Fin-tube* (pipa datar, sirip plat menyeluruh) (b) *Fin-tube* (pipa bundar, sirip plat menyeluruh) (c) *Fin-tube* (pipa bundar, sirip bundar) (d) *Plate-fin* (laluan tunggal) (e) *Plate-fin* (laluan banyak).

(Sumber: R.K. Shah dan D.P. Sekulic, 2003)

### 2.3. Proses Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan suhu pada daerah tersebut.



Gambar 2.13. proses perpindahan kalor (J.P Holman.,1972)

Perpindahan kalor dari suatu zat ke zat lain sering kali terjadi dalam kehidupan sehari-hari baik penyerapan atau pelepasan kalor, untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Kalor sendiri adalah satu bentuk energi.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah, contohnya hukum kekekalan massa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang kedua.

Kalor dapat diangkat dengan tiga macam cara yaitu;

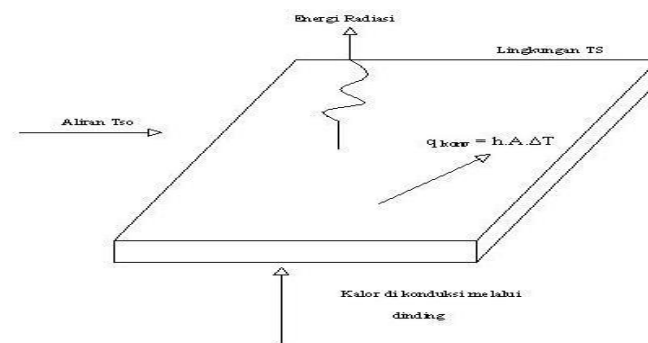
#### 2.3.1. Pancaran (Radiasi)

Yang dimaksud dengan pancaran (radiasi) ialah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan kalor. Keadaan ini baru terbukti setelah suhu meningkat. Pada hakekatnya proses perpindahan kalor radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnet. Apabila sejumlah energi kalor menimpa suatu permukaan,

sebagian akan dipantulkan, sebagian akan diserap ke dalam bahan, dan sebagian akan menembusi bahan dan terus ke luar. Jadi dalam mempelajari perpindahan kalor radiasi akan melibatkan suatu fisik permukaan.

Secara radiasi (memancar) ialah perpindahan kalor tanpa perantara, dimana panas mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah bila benda tersebut terpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut, maka kalor yang dimiliki berubah menjadi gelombang elektromagnetik. Maka didapat persamaan perpindahan kalor radiasi, yaitu :

$$q \text{ pancaran} = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (2.1)$$



Gambar 2.14. Perpindahan kalor Konduksi, Konveksi, Radiasi (J.P Holman., Hal 20)

### 2.3.2. Hantaran (konduksi)

Hantaran ialah pengangkutan kalor melalui satu jenis zat. Sehingga perpindahan kalor secara hantaran/konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya terjadi di dalam bahan. Arah aliran energi kalor, adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah.

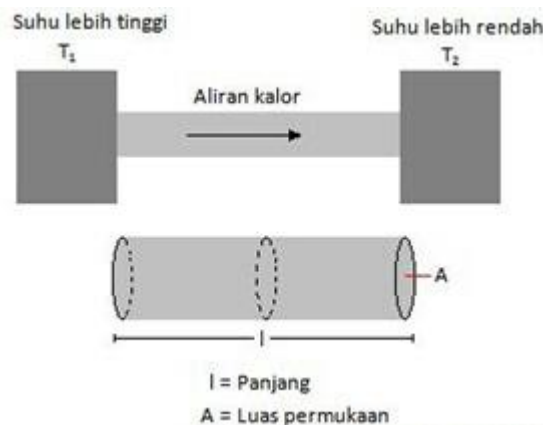


Bahan yang dapat menghantar kalor dengan baik dinamakan konduktor. Penghantar yang buruk disebut isolator. bahan yang digunakan untuk menyatakan bahwa bahan tersebut merupakan suatu isolator atau konduktor ialah koefisien konduksi termal. Apabila nilai koefisien ini tinggi, maka bahan mempunyai kemampuan mengalirkan kalor dengan cepat.

Jika  $\Delta T$  dan  $\Delta x$  adalah konstan dan hanya memvariasikan  $A$ , maka  $qx$  berbanding lurus dengan  $A$ . Jika  $\Delta T$  dan  $A$  adalah konstan, maka  $qx$  berbanding terbalik dengan  $\Delta x$ . Apabila  $A$  dan  $\Delta x$  konstan, maka  $qx$  berbanding lurus dengan  $\Delta T$ . ( sumber : A.M. Jacobi & R.K. Shah, 1995)

$$qx \propto A \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2.2)$$

Berikut ini adalah gambar perpindahan kalor secara konduksi.



Gambar 2.15. Proses perpindahan Kalor secara Konduksi (Sumber A.M Jacobi & R.K Syah.,1995)

Dengan memperhatikan material batang, sebagai contoh plastik, akan menemukan bahwa kesebandingan diatas adalah valid. Namun, diteemukan bahwa untuk nilai  $A$ ,  $\Delta x$ , dan  $\Delta T$  yang sama, akan menghasilkan nilai  $qx$  yang

lebih kecil untuk plastik daripada bermaterial logam. Sehingga kesebandingan diatas dapat ditulis dalam bentuk persamaan dengan memasukkan koefisien yang dipengaruhi oleh material. Sehingga diperoleh,

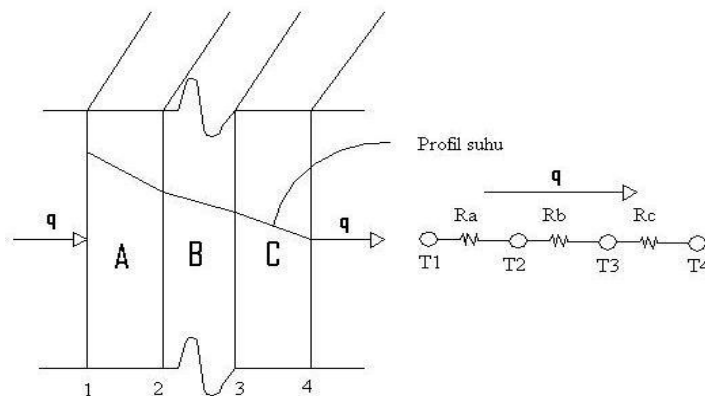
$$qx = kA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2.3)$$

$k$ , adalah konduktivitas thermal (W/m.K), yang adalah merupakan sifat material yang penting. Dengan menggunakan limit  $\Delta x \rightarrow 0$  didapatkan persamaan untuk laju perpindahan kalor,

$$qx = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.4)$$

atau persamaan flux panas menjadi,

$$q''_x = \frac{qx}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (2.5)$$



Gambar 2.16. Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit dan analogi listrik (JP Holman.,Hal 27).

### 2.3.3. Aliran (konveksi)

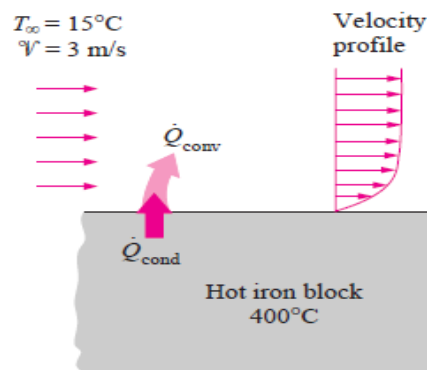
Aliran ialah perpindahan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan kalor secara aliran/konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. Jadi dalam proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama. Lazimnya, keadaan keseimbangan termodinamik di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Dalam hal ini terdapat keadaan suhu tidak seimbang diantara bahan dengan sekelilingnya.

Secara konveksi (mengalir) adalah cara perpindahan kalor, dimana kalor ikut berpindah bersama dengan fluida (udara, air) yang membawanya. Kalor akan mengalir secara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan, panas yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan temperatur partikel- partikel fluida ini, kemudian partikel fluida tersebut akan bergerak ke temperatur yang lebih rendah dimana fluida akan bercampur dengan partikel- partikel fluida lainnya.

Penelitian menunjukkan bahwa perpindahan kalor konveksi sangat bergantung pada sifat-sifat fluida seperti viskositas dinamis  $\mu$ , konduktivitas termal  $k$ , massa jenis  $\rho$ , dan spesifik panas  $C_p$ , dan dipengaruhi oleh kecepatan fluida  $V$ . Konveksi juga bergantung pada bentuk dan kekasaran permukaan, dan bahkan juga dipengaruhi oleh tipe aliran seperti laminar atau turbulen.

Perpindahan kalor secara konveksi dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- **Konveksi alami**, kalor mengalir secara alami, misalnya karena perbedaan kepadatan (densitas). Bejana yang berisi (fluida), apabila bagian bawahnya dipanaskan maka fluida yang berkurang kepadatannya bergerak naik dan fluida yang lebih tinggi kepadatannya akan bergerak turun.
- **Konveksi paksa**, Bila gerakan fluida tersebut disebabkan oleh penggunaan alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi Paksa.



Gambar 2.17 Pendingin sebuah Balok yang panas dengan koveksi paksa.

(Sumber: A.M. Jacobi & R.K. Shah, 1995)

## 2.4 Fungsi alat penukar kalor

Fungsi penukar kalor yang dipergunakan di industri lebih diutamakan untuk menukarkan energi dua fluida (boleh sama zatnya) yang berbeda temperaturnya. Pertukaran energi dapat berlangsung melalui bidang atau permukaan perpindahan kalor yang memisahkan kedua fluida atau secara kontak langsung (fluidanya bercampur). Energi yang dipertukarkan akan menyebabkan perubahan temperatur fluida (panas sensibel) atau kadang dipergunakan untuk berubah fasa (panas laten).

Laju perpindahan energi dalam penukar kalor dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kecepatan aliran fluida, sifat-sifat fisik yang dimiliki oleh kedua fluida yang saling dipertukarkan energinya (viskositas, konduktivitas termal, kapasitas panas spesifik, dan lain-lain), beda temperatur antara kedua fluida, dan sifat permukaan bidang perpindahan panas yang memisahkan kedua fluida.

Bagaimana pengaruh setiap parameter terhadap laju perpindahan panas akan dibahas secara lebih detail dalam modul yang lain. Walaupun fungsi penukar kalor adalah untuk menukarkan energi dua fluida atau dua zat, namun jenisnya banyak sekali. Hal ini terjadi karena biasanya desain penukar kalor harus menunjang fungsi utama proses yang akan terjadi didalamnya.

### **2.5. Aliran Fluida Dalam Alat Penukar Kalor *Compact***

Fluida atau zat cair dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat padat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair dan gas, zat cair tidak mempertahankan bentuk yang tetap, zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat diubah hanya jika diberikan padanya gaya yang sangat besar dan gas tidak mempunyai bentuk dan maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah.

Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian kedua-

duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida. Cairan dan gas disebut *fluida*, sebab zat cair tersebut dapat mengalir. Untuk mengerti aliran fluida maka harus mengetahui beberapa sifat dasar fluida.

Secara garis besar jenis aliran dapat dibedakan atau dikelompokkan sebagai berikut (Olson, 1990):

- a) Aliran Tunak (*steady*) yaitu suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan).
- b) Aliran Tidak Tunak (*unsteady*) yaitu suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

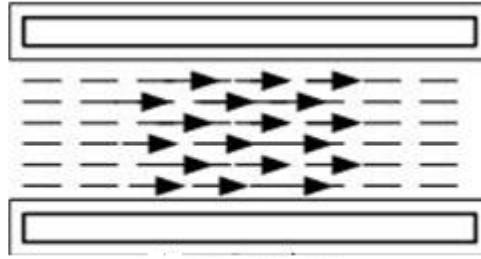
Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan 2.6.

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (2.6)$$

Jenis aliran yang mengalir di alat penukar kalor merupakan parameter untuk melihat apakah aliran tersebut laminar, transisi dan turbulen.

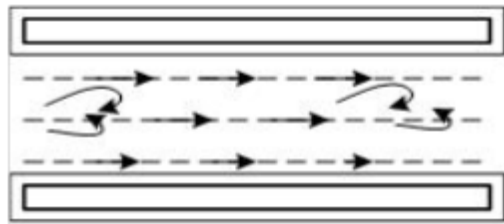
Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

- a) Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan–lapisan atau lamina–lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnya kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).



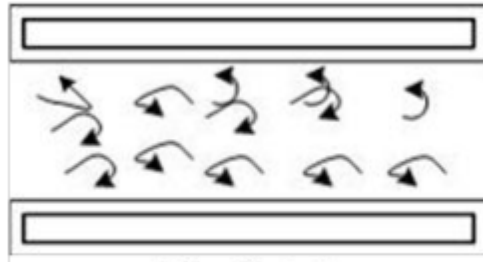
Gambar 2.18. Aliran laminar

- b) Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldsnya antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).



Gambar 2.19. Aliran transisi

- c) Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldsnya lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ).



Gambar 2.20. Aliran turbulen

Adapun sifat – sifat dasar fluida yaitu; kerapatan (*density*), berat jenis (*specific gravity*), tekanan (*pressure*), kekentalan (*viscosity*).

Untuk menghitung bilangan Reynold, maka digunakan persamaan 2.7.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D_h}{\mu} \quad (2.7)$$

## 2.5 Parameter Yang Digunakan

Beberapa parameter yang digunakan dalam studi eksperimen ini yaitu:

- Menghitung Laju Perpindah Kalor

Laju perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan 2.8.

$$q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2.8)$$

- Perbedaan Temperatur Rata-rata

Dalam perpindahan panas perbedaan temperatur mengendalikan laju pemindahan panas. Temperatur fluida dalam alat sering tidak tetap. Untuk perhitungan digunakan perbedaan temperatur rata-rata, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.9.

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln \left[ \frac{T_{h2} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c1}} \right]} \quad (2.9)$$



Perbedaan suhu ini disebut perbedaan suhu rata-rata *logaritma* (*log mean temperature difference*) disingkat LMTD.

➤ Debit aliran

Debit aliran fluida digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida .

$$Q = A.v \quad (2.10)$$

Dimana Massa Air :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (2.11)$$

➤ Menghitung Penurunan Tekanan (*pressure drop*)

Penurunan tekanan (*pressure drop*) ditentukan berdasarkan Persamaan

2.14.

$$\Delta P = \rho.g.\Delta h \quad (2.12)$$

➤ Menghitung Bilangan *Nusselt* (Nu)

Bilangan nusselt yang digunakan adalah korelasi empiris dari Hausen (Nu<sub>m</sub>), Sieder dan Tate (Nu<sub>m</sub>), dan Shah (f) untuk aliran laminar, dan Dittuse Boelter (Nu<sub>m</sub>) dan Balsius (f) untuk aliran turbulen dan korelasi hilpert (Nu) untuk aliran transisi.

Kondisi aliran laminar

Korelasi Hausen

$$Nu = 3,66 + \frac{0,0668(D/L)R_e P_r}{1 + 0,04[(D/L)R_e P_r]^{2/3}} \quad (2.13)$$

Korelasi Shah

$$f = \frac{19,072}{R_e} \quad (2.14)$$

Kondisi aliran turbulen

Korelasi Dittuse – Boelter

$$Nu = 0,023R_e^{0,8} P_r^{0,4} \quad (2.15)$$

Korelasi Balsius

$$f = 0,316R_e^{-0,25} \quad (2.16)$$

Kondisi aliran transisi

Korelasi Hilpert

$$Nu = C \left( \frac{u \cdot d}{\nu} \right)^n Pr^{1/3} \quad (2.17)$$

Dengan rujukan pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Konstanta Untuk Persamaan

Re	C	n
0,4-4	0,989	0,330
4-40	0,911	0,385
40-4000	0,683	0,466
4000-40000	0,193	0,618
40000-400000	0,0266	0,805

(Sumber : J.P. Holman, 1991)

Untuk aliran gas yang melintas pada di hitung dengan persamaan 2.18.

$$f = \frac{2.\Delta P.\rho}{G^2 N} \quad (2.18)$$

- Menghitung Koefisien Perpindah Kalor Konveksi

Koefisien perpindahan kalor konveksi dapat dihitung dengan persamaan 2.19.

$$h = \frac{Nu.k}{D_H} \quad (2.19)$$

- Menghitung Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh (U)

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan persamaan 2.20.

$$U = \frac{q}{A.\Delta T_{LMTD}} \quad (2.20)$$

- Menghitung Efektifitas Alat Perpindahan Kalor (e)

Efektifitas perpindahan kalor dapat dihitung dengan persamaan 2.21.

$$e = \frac{\Delta T_{h,in}}{\Delta T_{c,in}} \quad (2.21)$$

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu**

##### **3.1.1 Tempat**

Tempat dilaksanakannya Studi Eksperimental unjuk kerja Alat Penukar Kalor tipe *Compact heat exchanger jenis fin and tube* di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

##### **3.1.2 Waktu**

Waktu Studi Eksperimental dilakukan setelah mendapatkan persetujuan Judul Tugas Sarjana dari Dosen Pembimbing, kemudian dilakukan perakitan APK dan pengambilan data

#### **3.2 Kerangka Konsep Penelitian**

Hasil yang diperoleh dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh variable-variable itu sendiri. Kerangka konsep penelitian dapat dijelaskan seperti pada Gambar 3.1. Kerangka konsep penelitian ini didasarkan pada identifikasi permasalahan yaitu peningkatan unjuk kerja APK tipe kompak yang dipengaruhi oleh bentuk sirip dan susunan tabung. Unjuk kerja APK terdiri dari penyerapan kalor, efektifitas koefisien perpindahan kalor, penurunan tekanan total dan koefisien gesek. Sedangkan data input dari penelitian ini meliputi data konstruksi APK dan data-data fluida. Setelah parameter APK diketahui dilanjutkan pembuatan APK dan pengujian yang akan memberikan *out put* data penelitian.

### 3.3 Alat Penguji

Alat yang dipergunakan pada Studi eksperimental ini terdiri atas:

1. *Sub Sonic Wind tunnel.*

*Sub Sonic Wind tunnel* adalah peralatan uji yang digunakan untuk kecepatan angin yang sangat rendah, dimana objek yang di uji diletakkan dibagian tengah seksi uji, kemudian angin di alirkan dengan menggunakan kipas aksial.



Gambar 3.1 *Sub Sonic Wind tunnel*

2. Fan

Fan dipasang pada bagian belakang *Sub Sonic Wind Tunnel* untuk menghisap udara dari atmosfer dari bagian *Inlet Sub Sonic Wind Tunnel* ke dalam alat uji. Dengan data-data teknis sebagai berikut:

- Tipe : *Centrifugal Air Blower 3* “
- Daya,  $P = 370 \text{ W}$ ,
- Tegangan,  $V = 220 \text{ V}$
- Putaran  $N = 2800 \text{ rpm}$
- Kapasitas ,  $Q = 8,5 \text{ m}^3/\text{menit}$



Gambar 3.2 Fan

### 3. Pompa Air

Pompa Air digunakan untuk mensirkulasikan air panas dari tangki penampung air panas ke dalam *Heat Exchanger*. Dalam pengujian ini Pompa Air yang digunakan yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Model : DB-125B
- Head,  $H=33$  m
- Kapasitas,  $Q=30$ L/min
- Daya,  $P=125$  W
- Putaran,  $N=2850$  rpm



Gambar 3.3 Pompa Air

#### 4. Katup *Bypass*

Katup *bypass* dipasangkan di posisi output dari Pompa Air untuk mengatur kecepatan aliran air menuju *heat exchanger*, sehingga pompa Air tetap mensirkulasi dengan stabil



Gambar 3.4 Katup *bypass*

#### 5. *Hot Wire Anemometer*

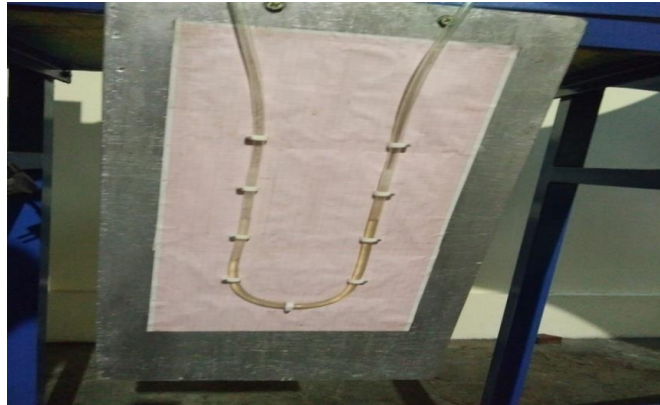
*Hot Wire Anemometer* dipasangkan dari bagian atas alat uji *Sub Sonic Wind Tunnel*. *Hot Wire Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan udara atmosfer yang masuk kedalam alat uji.



Gambar 3.5 *Hot Wire Anemometre*

#### 6. Tabung Pitot (Manometer Pipa U)

Tabung Pitot (Manometer Pipa U) digunakan untuk mengukur *Pressure* udara yang terjadi dalam ruang uji pada saat pengujian berlangsung. Tabung Pitot (Manometer Pipa U) dipasangkan tepat ditengah dari *Sub Sonic Wind Tunnel*.



Gambar 3.6 Tabung Pitot ( Manometer Pipa U)

#### 7. Tangki Pemanas dan *Heater*

Tangki pemanas sebagai tempat untuk penampung air yang akan di panaskan. *Heater* dengan spesifikasi 1200 watt 220 v, sebagai alat pemanas yang direndam kedalam air pada tangki pemanas.



Gambar 3.7 Tangki Pemanas Dan *Heater*



#### 8. *Water flow sensor*

*Water flow sensor* dipasang pada output *Heat Exchanger* sebagai pengukur laju aliran air yang keluar setelah sirkulasi dari *Heat Exchanger*.



Gambar 3.8 *Water Flow sensor*

#### 9. *Relay*

*Relay* di hubungkan langsung dengan *heater* guna memutuskan dan menghubungkan suhu air di dalam tangki pemanas yang telah disesuaikan.

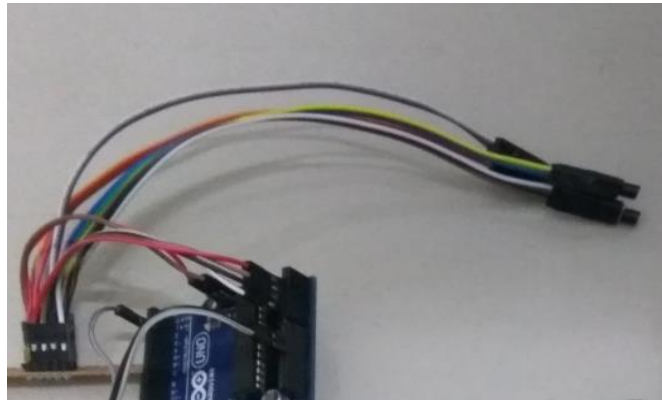


Gambar 3.9 *Relay*

#### 10. Sensor Temperatur LM35

Sensor temperatur Lm35 adalah jenis sensor yang dapat mendeteksi keadaan temperatur di sekitar lingkungan dengan range antara  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $150^{\circ}\text{C}$ . Dalam pengujian ini digunakan 4 buah sensor temperatur LM35 yang di pasangkan pada.

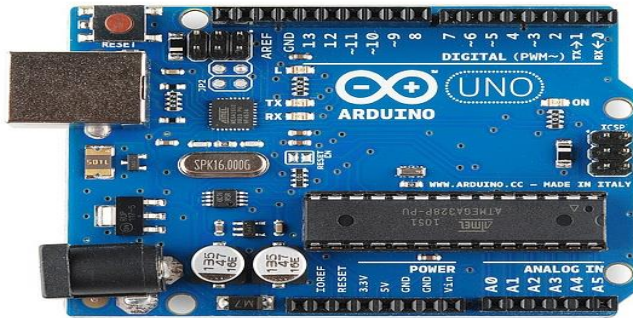
- a. Pipa input air *Heat exchanger*,
- b. Pipa *Output* air *Heat exchanger*.
- c. Saluran udara sebelum *Heat Exchanger* didalam ruang uji, dan
- d. Saluran udara sesudah *heat exchanger* didalam ruang uji.



Gambar 3.10 Sensor Temperatur LM35

### 11. *Arduino Uno*

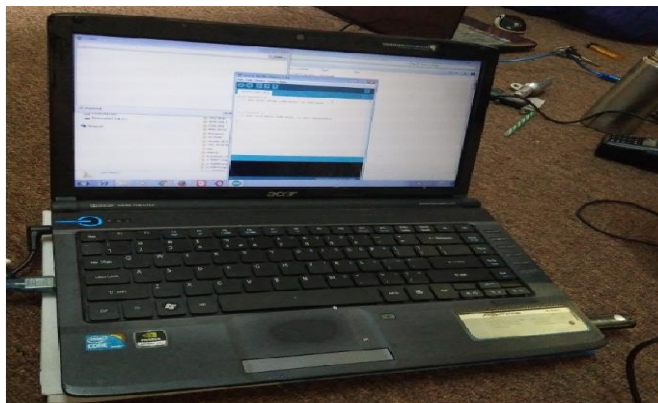
*Arduino Uno* adalah *Board Microcontroler* yang digunakan sebagai pemrograman data untuk pemasangan *Sensor Temperatur LM35* dan *Water Flow Sensor* yang kemudian di tampilkan ke dalam komputer.



Gambar 3.11. *Arduino Uno*

### 12. Laptop

Laptop digunakan untuk menampilkan data yang di deteksi oleh program *Arduini Uno* dan *Hot Wire Anemometre*.



Gambar 3.12 Laptop

### 3.4 Alat Yang Akan Diuji

Alat alat yang akan di uji dalam studi eksperimental ini adalah:

1. *Fine and Tube Exchanger* sejajar menggunakan sirip berbentuk segiempat.



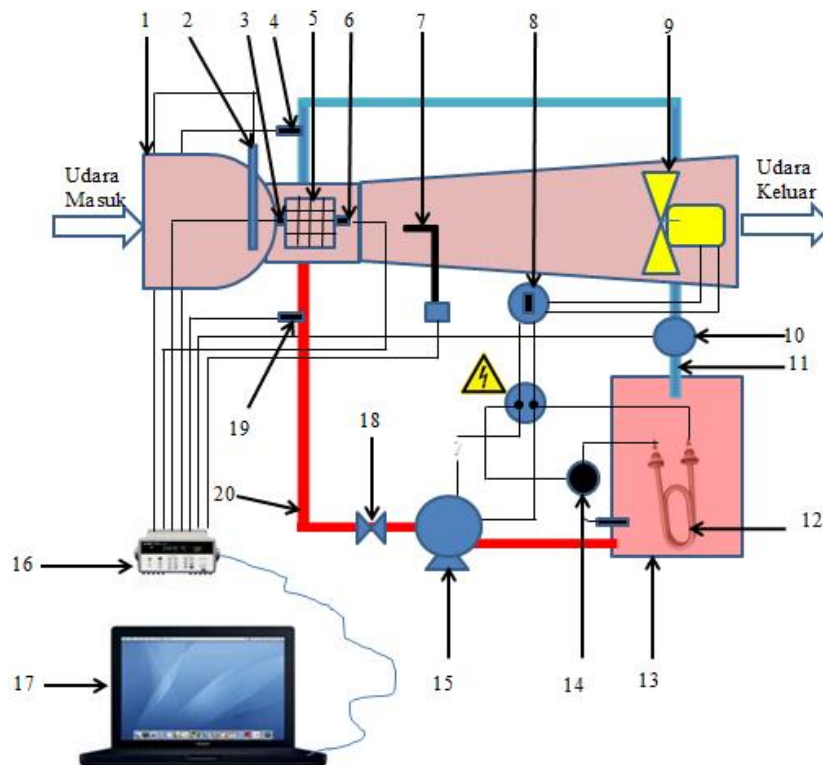
Gambar 3.13 *Fine and Tube Heat Exchanger* sejajar menggunakan sirip segiempat

### 3.5 Skema uji Eksperimental

Berikut ini adalah skema uji Eksperimental:

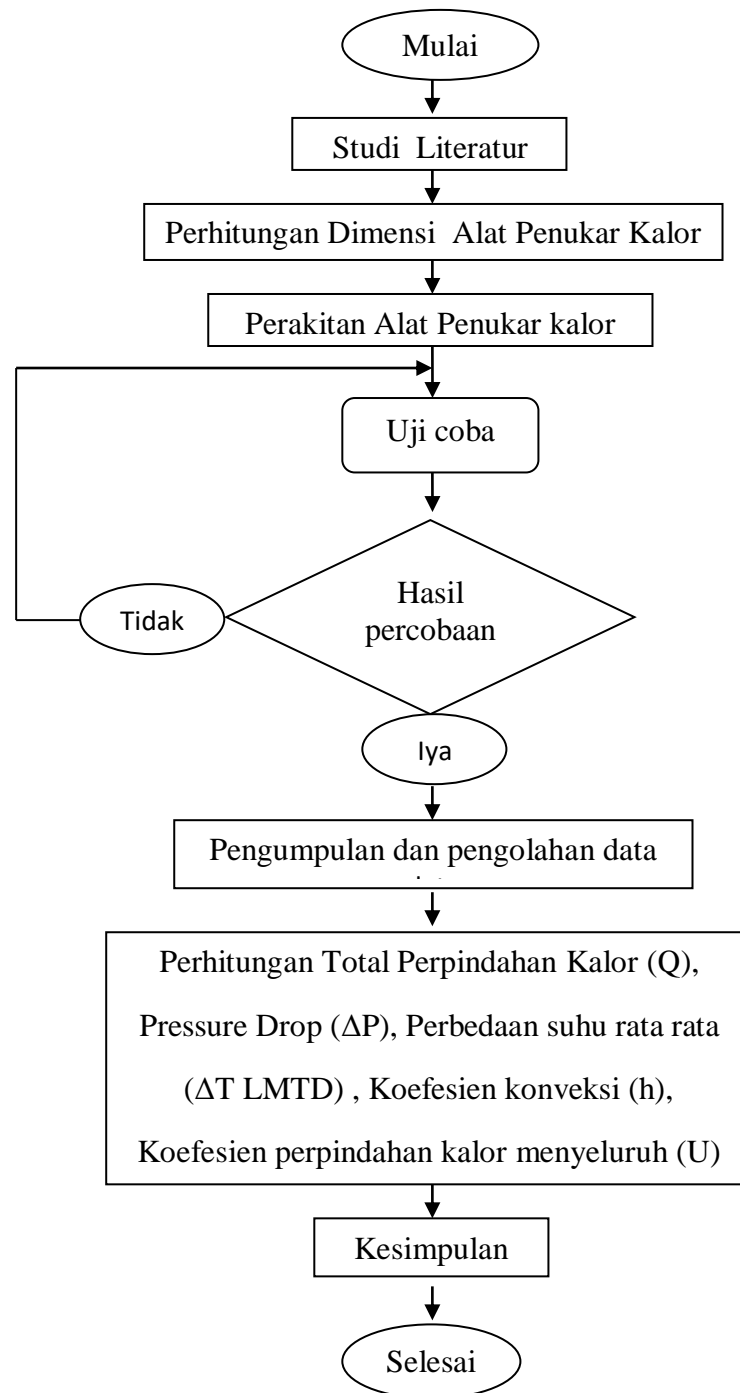
Keterangan :

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Terowongan Kerja       | 11. Pipa Air Dingin       |
| 2. Hot Wire Anemometer    | 12. Pemanas Air           |
| 3. Termo kopel            | 13. Tangki Air            |
| 4. Trmo kopel             | 14. Relay                 |
| 5. APK Tipe Compact       | 15. Pompa Sirkulasi air   |
| 6. Termo kopel            | 16. Data Akuisisi         |
| 7. Tabung Pitot           | 17. Laptop                |
| 8. Pengatur Putaran kipas | 18. Katup pengatur Aliran |
| 9. Kipas                  | 19. Termokopel            |
| 10. <i>Flow Meter</i> Air | 20. Pipa air panas        |



Gambar 3.14 Skema uji Eksperimental

### 3.6 Diagram Alir Studi Eksperimental



Gambar 3.15 Diagram Aliran Studi Eksperimental

### 3.7 Prosedur Studi Eksperimental

Adapun prosedur Studi Eksperimental yang harus dilakukan adalah:

1. Persiapkan semua alat yang digunakan dalam Studi Eksperimental
2. Lakukan penyusunan posisi terhadap bagian bagian yang akan di uji, seperti memasukkan *fin and tube heat exchanger* ke dalam alat uji *Sub Sonic Wind Tunnel*.



Gambar 3.16 Peletakkan *Fin and Tube Heat Exchanger*

3. Pasang sensor temperature LM35 pada posisi:
  - Dalam ruang uji sebelum *Fin and Tube Heat Exchanger* ( $T_{udara\ in}$ )
  - Dalam ruang uji sesudah *Fin and Tube Heat Exchanger* ( $T_{udara\ out}$ )
  - Saluran input *Fin and Tube Heat Exchanger* ( $T_{air\ in}$ )
  - Saluran *input Fin and Tube Heat Exchanger* ( $T_{air\ out}$ )



Gambar 3.17 Posisi Sensor Temperatur LM35

4. Pasang *Water Flow Sensor* pada saluran *output fin and tube heat exchanger*



Gambar 3.18 Posisi *Water Flow Sensor*

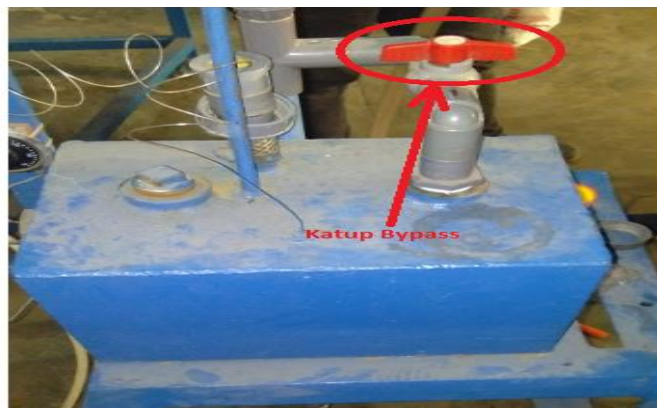
5. Pasang *Hot Wire Anemometer* dari atas alat uji *Sub Tronic Wind Tunnel*, tarik pendeteksi *Hot Wire Anemometer* sampai pada posisi tengah susunan *fin*.



Gambar 3.19 Posisi *Hot Wire Anemometer*



6. Koneksikan semua alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* dan *Hot Wire Anemometer* ke laptop, dan buka *software* penunjuk alat ukur tersebut.
7. Isi tangki dengan air dingin, kemudian hidupkan pompa agar air sirkulasi ke *Heat Exchanger*. Pastikan tidak ada kapitasi dalam saluran air tersebut.
8. Hidupkan *Heater* sampai temperatur  $60^{\circ}\text{C}$  dengan toleransi  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , Posisikan pengaturan Thermostat pada tempertaur yang di tentukan.
9. Memulai Pengambilan data saat temperatur mencapai  $60^{\circ}\text{C}$  dengan toleransi  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , dengan mengambil data selama 1 menit dalam satu kali pengujian.
10. Variasikan udara dengan kecepatan kipas pposisi 1,2 dan 3, variasikan juga laju aliran udara dengan mengatur bukaan katup bypass posisi 50%, dan 100%.



Gambar 3.20 Bukaan Katup Bypass

11. Semua Data yang dideteksi oleh *Arduino Uno* dan *Hot Wire Anemometer* akan di tampilkan pada Laptop, simpan data data yang didapat selam pengujian kemudian lakukan pengolahan data dan pembahasan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan menurut prosedur yang telah disetujui adalah sebagai berikut :

##### 4.1.1 Data Hasil Studi Eksperimental

Data hasil eksperimen, maka didapat data yang ditunjukkan pada tabel 4.1:

Tabel 4.1. Data Arduino Fin Tube Sejajar Sirip Segiempat

Pengujian	Waktu (Detik)	Speed Kipas	Bukaan Katup (%)	Water Flow air (l/min)	T udara IN(°C)	T udara OUT (°C)	T air IN (°C)	T air OUT (°C)	Velocity udara(m/s)
1	60	1	100	2,98	33	34,56	60,88	51,3	3,22
2	60	2	100	2,08	33	34,42	60	51,84	3,32
3	60	3	100	2,29	33	35,89	60,35	53,83	3,47
4	60	1	50	1,09	33	36	59,71	53,29	2,30
5	60	2	50	2,2	33	35	59,91	53,26	3,21
6	60	3	50	2,2	33	35,11	59,84	53,14	3,42

##### 4.1.2 Perhitungah Data Hasil Studi Eksperimental

Dari Hasil Studi Eksperimental, diperoleh data berdasarkan tabel 4.1. :

Temperatur udara masuk ( $T_{c,in}$ ) : 33 °C

Temperatur udara keluar ( $T_{c,out}$ ) : 35,16 °C

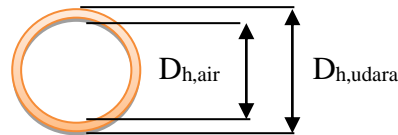
Temperatur air masuk ( $T_{h,in}$ ) : 60,12 °C

Temperatur air keluar ( $T_{h,out}$ ) : 52,78 °C

Debit air Q : 2,14 l/mnt = 0,0000356 m<sup>3</sup>/s

$D_{h \text{ udara}}$  : 12,97mm = 0,0127 m

$D_{h \text{ air}}$  : 12,5 mm = 0,0125 m



Gambar 4.1 Diameter Pipa Tembaga

Maka dapat dihitung temperatur udara rata-rata :

$$T_{rata-rata} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{33^{\circ}C + 35,16^{\circ}C}{2} = 34,08^{\circ}C$$

Tabel 4.2. Interpolasi *fluida property* udara berdasarkan temperatur

<i>fluida property</i>	Temperatur udara (34,08 °C)
Cp (J/Kg.°C)	1007
k (W/m.°C)	0,026182
Pr	0,727058
$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	1,148496
$\mu$ (Kg/m.s)	0,00001890

(tabel A-15|properties of air at 1 atm pressure)

Temperatur Air rata-rata :

$$T_{rata-rata} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{60,12^{\circ}C + 52,78^{\circ}C}{2} = 56,45^{\circ}C$$

Tabel 4.3. Interpolasi *fluida property* air berdasarkan temperatur

<i>fluida property</i>	Temperatur air (56,45 °C)
Cp (J/Kg.°C)	4,791
k (W/m.°C)	0,647554
Pr	3,195
$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	984,8324
$\mu$ (Kg/m.s)	0,000498

(tabel A-9|properties of water )

- Menghitung Laju Perpindahan Massa Udara ( $m_{udara}$ )  $\rho$  lihat tabel 4.2

$$\begin{aligned} A_{udara} &= \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2 \\ &= (0,785)(0,0127m)^2 \\ &= 0,0001267 m^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \dot{m}_{udara} &= \rho \cdot v \cdot A_{udara} \\ &= 1,1484 \frac{kg}{m^3} \cdot 3,22 \frac{m}{s} \cdot (0,0001267 m^2) \\ &= 0,000469 \frac{kg}{s} \end{aligned}$$

- Menghitung Laju Perpindahan Massa air ( $\dot{m}_{air}$ )

$\rho$  lihat tabel 4.2.

$$\begin{aligned} A_{air} &= \left(\frac{\pi}{4}\right)D^2 \\ &= (0,785)(0,0125m)^2 \\ &= 0,000123 m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A_{air}} \\ &= \frac{0,0000356 \frac{m^3}{s}}{0,000123 m^2} \\ &= 0,2894 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\dot{m}_{air} &= \rho \cdot v \cdot A_{air} \\ &= 984,8324 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,2894 \frac{m}{s} \cdot (0,000123m^2) \\ &= 0,0350 \frac{kg}{s}\end{aligned}$$

- Menghitung Laju Perpindahan Kalor udara ( $q_{udara}$ )

Cp lihat tabel 4.2.

$$\begin{aligned}q_{udara} &= \dot{m}_{udara} \cdot Cp \cdot (T_{c,out} - T_{c,in}) \\ &= 0,000469 \frac{kg}{s} \cdot 1007 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (35,16^\circ C - 33,00^\circ C) \\ &= 1,020 watt\end{aligned}$$

- Menghitung Laju Perpindahan Kalor air ( $q_{air}$ )

Cp lihat tabel 4.5.

$$\begin{aligned}q_{air} &= \dot{m}_{air} \cdot Cp \cdot (T_{h,in} - T_{h,out}) \\ &= 0,0350 \frac{kg}{s} \cdot 4179 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (60,12^\circ C - 52,78^\circ C) \\ &= 1073,6 watt\end{aligned}$$

- Menghitung Bilangan Reynold udara ( $R_{e,udara}$ )

$\rho$  dan  $\mu$  lihat tabel 4.2.

$$\begin{aligned}R_{e,udara} &= \frac{\rho \cdot v_{udara} \cdot D_{h,udara}}{\mu} \\ &= \frac{1,148496 \frac{kg}{m^3} \cdot 3,22 \frac{m}{s} \cdot 0,0127m}{0,00001890 \frac{Kg}{m \cdot s}} \\ &= 960,4620 (<4000) \text{ (aliran transisi)}\end{aligned}$$

- Menghitung Bilangan Reynold air ( $R_{e,air}$ )

$\rho$  dan  $\mu$  lihat tabel 4.3.

$$\begin{aligned}
 R_{e,air} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D_{h,air}}{\mu} \\
 &= \frac{984,8324 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,2894 \frac{m}{s} \cdot 0,0125m}{0,000498 \frac{Kg}{m.s}} \\
 &= 7153,87 > 4000 \text{ (aliran turbulen)}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Bilangan Nusselt udara ( $Nu_{udara}$ )

Untuk aliran transisi, perhitungan  $Nu$  menggunakan korelasi hilpert.

$C$  (0-4000) dan  $n$  lihat tabel 2.1

$Pr$ ,  $\mu$  dan  $\rho$  lihat tabel 4.2.

$u$  = kecepatan menyeluruh =  $v_{udara}$

$$\begin{aligned}
 \nu = \text{viskositas} &= \frac{\mu}{\rho} \\
 &= \frac{0,00001890 \frac{Kg}{m.s}}{1,148496 \frac{kg}{m^3}} \\
 &= 0,00001645 \frac{m^2}{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nu &= C \left( \frac{u \cdot d}{\nu} \right)^n Pr^{1/3} \\
 &= 0,683 \left( \frac{3,22 \frac{m}{s} \cdot 0,0127m}{0,00001645} \right)^{0,466} \cdot 0,727058^{1/3} \\
 &= 23,476
 \end{aligned}$$

- Menghitung Bilangan Nusselt air ( $Nu_{air}$ )

Untuk aliran turbulen, perhitungan  $Nu_m$  menggunakan korelasi Dittuse – Boelter.

Pr lihat tabel 4.3.

$$\begin{aligned} Nu_{air} &= 0,023 R_e^{0,8} P_r^{0,4} \\ &= 0,023 \cdot (7153,87)^{0,8} \cdot (3,195)^{0,4} \\ &= 44,615 \end{aligned}$$

- Menghitung Koefesien Konveksi Udara ( $h_{udara}$ )

k lihat tabel 4.2.

$$\begin{aligned} h_{udara} &= \frac{Nu_{udara} \cdot k}{D_{h,udara}} \\ &= \frac{23,476 \cdot (0,026182) \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{0,0127m} \\ &= 48,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \end{aligned}$$

- Menghitung Koefesien Konveksi Air ( $h$ )

k lihat tabel 4.3.

$$\begin{aligned} h_{air} &= \frac{Nu_{air} \cdot k}{D_{h,air}} \\ &= \frac{44,615(0,647554) \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{0,0125m} \\ &= 2311,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \end{aligned}$$



- Menghitung *Pressure Drop* ( $\Delta P$ )

$\rho$  lihat tabel 4.2.

$$\begin{aligned}\Delta P &= \rho \cdot g \cdot \Delta h \\ &= 1,148496 \frac{kg}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,001m \\ &= 0,0113Pa\end{aligned}$$

- Menghitung  $\Delta T_{LMTD}$

$$\begin{aligned}\Delta T_{LMTD} &= \frac{(T_{h,out} - T_{c,out}) - (T_{h,in} - T_{c,in})}{\ln \left[ \frac{T_{h,out} - T_{c,out}}{T_{h,in} - T_{c,in}} \right]} \\ &= \frac{(52,78^\circ C - 34,76^\circ C) - (60,12^\circ C - 33^\circ C)}{\ln \left[ \frac{52,78^\circ C - 35,16^\circ C}{60,12^\circ C - 33^\circ C} \right]} \\ &= 22,10^\circ C\end{aligned}$$

- Menghitung Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh ( $U$ )

$$\begin{aligned}U &= \frac{q_{udara}}{A_{udara} \cdot \Delta T_{LMTD}} \\ &= \frac{1,020watt}{0,0001267m^2 \cdot 22,10^\circ C} \\ &= 364,276 \frac{watt}{m^2 \cdot ^\circ C}\end{aligned}$$

- Menghitung Efektifitas Alat Penukar Kalor

$$e = \frac{\Delta T_{h,in}}{\Delta T_{c,in}}$$

$$= \frac{7,34^{\circ}C}{2,16^{\circ}C}$$

$$= 3,39^{\circ}C$$

## 4.2 Pembahasan

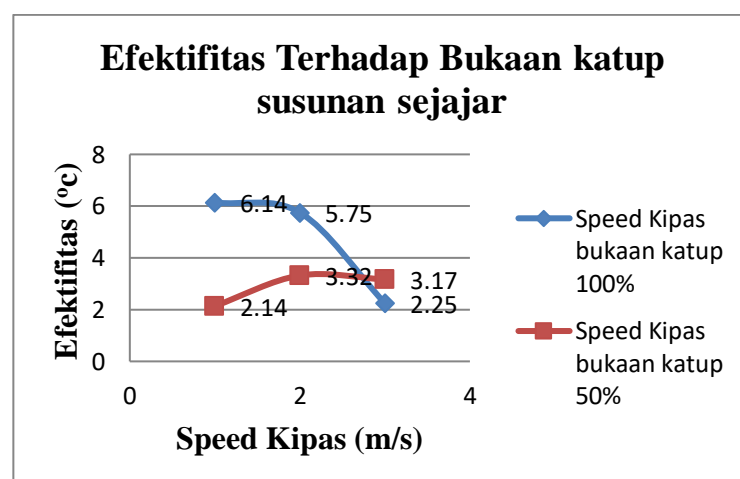
### 4.2.1 Pengujian efektifitas terhadap bukaan katup

Hasil pengujian efektifitas terhadap bukaan katup dapat dilihat pada Tabel

4.2 berikut ini :

Tabel 4.4 Efektifitas Terhadap Bukaan Katup susunan tabung sejajar

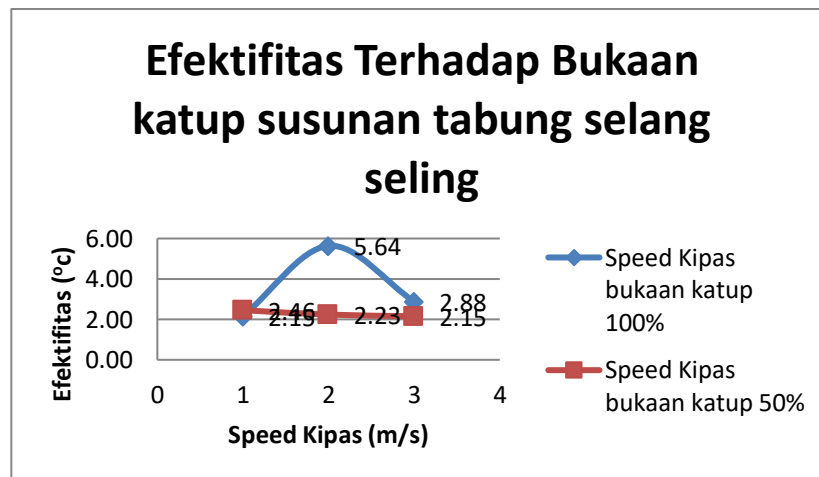
Speed Kipas bukaan katup 100%	Efektifitas	Speed Kipas bukaan katup 50%	Efektifitas
1	6,14	1	2,14
2	5,75	2	3,32
3	2,25	3	3,17



Gambar 4.2 Hubungan antara efektifitas terhadap katup susunan tabung sejajar

Tabel 4.5 Efektifitas Terhadap Bukaannya Katup susunan tabung selang seling  
(Sumber dari Skripsi Dwi Septian)

Speed Kipas bukaan katup 100%	Efektifitas	Speed Kipas bukaan katup 50%	Efektifitas
1	2,15	1	2,46
2	5,64	2	2,23
3	2,88	3	2,15



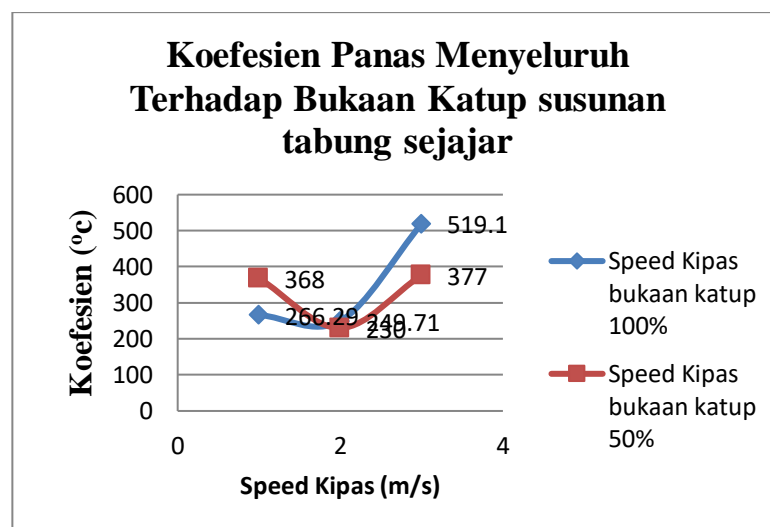
Gambar 4.3 Hubungan antara efektifitas terhadap katup susunan tabung selang seling

Pada Gambar 4.2. Pengujian dilakukan dengan variasi dari bukaan katup 100% dan juga 50% pada variasi speed kipas 1,2 dan 3 untuk peningkatan Efektifitas terhadap bukaan katup. Untuk efektifitas bukaan katup 100% pada speed 2 dan 3 terjadi penurunan sebesar  $3,89^{\circ}\text{C}$ . Pada bukaan 50% pada speed 2 efektifitasnya  $3,32^{\circ}\text{C}$  mengalami peningkatan dari speed 1 dan speed 3 juga terjadi penurunan efektifitas hingga  $3,17^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.2.2 Pengujian koefisien panas menyeluruh terhadap bukaan katup

Tabel 4.6 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Terhadap Bukaan Katup susunan tabung sejajar

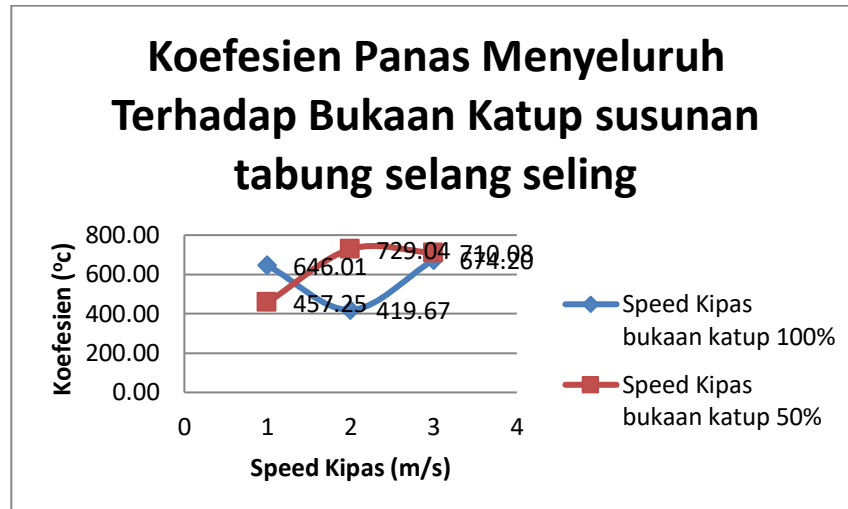
Speed Kipas bukaan katup 100%	Menyeluruh	Speed Kipas bukaan katup 50%	Menyeluruh
1	266,29	1	368
2	249,71	2	230
3	519,10	3	377



Gambar 4.4 Hubungan antara koefisien panas menyeluruh terhadap katup susunan tabung sejajar

Tabel 4.7 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Terhadap Bukaan Katup susunan tabung selang seling (*Sumber Skripsi Dwi Septian*)

Speed Kipas bukaan katup 100%	Menyeluruh	Speed Kipas bukaan katup 50%	Menyeluruh
1	646,01	1	457,25
2	419,67	2	729,04
3	674,20	3	710,08



Gambar 4.5 Hubungan antara koefesien panas menyeluruh terhadap katup susunan tabung selang selling

Pada Gambar 4.4 Koefesien panas menyeluruh terhadap bukaan katup 100% pada speed 2 terjadi penurunan sebesar  $249,71 \text{ watt}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , sedangkan bukaan katup 100% pada speed 3 terjadi peningkatan hingga  $519,10 \text{ watt}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Pada bukaan katup 50% pada variasi speed 2 terjadi penurunan sebesar  $230 \text{ watt}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , sedangkan pada bukaan katup 50% pada variasi speed 3 terjadi peningkatan sebesar  $377 \text{ watt}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ .

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tugas sarjana yang telah dilakukan penulis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Pada susunan tabung sejajar memiliki efektifitas bukaan katup 100% yang semakin lama menurun dari speed kipas 1 sampai speed kipas 3 di bandingkan susunan tabung selang seling
2. Pada susunan tabung sejajar koefisien panas menyeluruh pada bukaan katup 50% speed kipas 2 mengalami penurunan di bandingkan susunan selang seling yang mengalami kenaikan koefisiensi panas, dimana susunan selang seling lebih cepat melepas panas.

#### 5.2. Saran

1. Sebaiknya Studi *Heat Exchanger* dengan menggunakan *Sub Sonic Wind Tunnel* dilakukan di ruangan tertutup agar udara atmosfer tidak mengganggu proses pengujian.
2. Pisahkan pengambilan listrik untuk pompa air dan *heater* agar tidak mengganggu kinerja pompa saat *heater* mulai hidup dan jauhkan kabel listrik dari air
3. Agar selalu memakai APD ( Alat Pelindung Diri) pada saat melakukan penelitian



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Joardar & A.M Jacobi, 2008 “*Heat Transfer Enhancement by winglet Type Vortex Generator Arrays in Compact Plain Fin and Tube Heat Exchanger*”, *Iterational Journal of Refrigeration*, 31:87-97.
- A.M Jacobi & R.K Shah, 1995, “*Heat Transfer Surface Enhancement Throught The Use of Longitudinal Vorties: A Review of Recent Progrss*”, *Experimental Thermal ad fluid science*, 11:295-309.
- Dwi Septian., 2018, “*Pengaruh Jarak Sirip Terhadap Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tabung Bersirip (Fin-Tube) Susunan Selang-Seling Menggunakan Sirip Berbentuk Segiempat*” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Geankoplis, Christie J., 1978 *Transport Process and unit Operatio, PTR. Prentie-Hall, Inc., A Simonand Shuter Company, New Jersey*
- Guobing Zhou & Qiuling Ye 2011, “*Experimental Investigations of Thermal and Flow Characterstis of Curve Trepzoidal Winglet Type vortex Generators*” 10.1016/j.applthemaleng.2011.11.024.
- J.P Holman, 2010, “*Heat Transfer Tenth Edition*”, New York : The McGraw-Hills Companies, Inc.
- LO. Salviano, 2014, “*Optimization of Vortex Generators Positions ad Angle in fin-Tube Compact Heat xhanger at low Reyolds Number*”, Sao Paulo
- R.K Shah & D.P. Sekulic, 2003, “*Fundamentals of Heat Exchanger Design*”, *United Stade Of America ; John Wiley & Sons, Inc.*
- T, Kuppan, 2000, “*Heat Excnger Design Handbook*”, New york : Marcel Dekker, Inc
- Zukauskas, A., Heat Transfer from Tubes in cross flow, *adv. Heat Transfer* , vol 8. hal 93-160, 1972.



## Lampiran

### 1. Data Arduino Percobaan 1 speed kipas 1 bukaan katup 100%

Samples	Report	10/11/2017	14:37:27			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	14:33:55	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	14:33:56	50	0	33330	11.11
3.00	10/11/2017	14:33:57	1.604	31.6	1066.56	11.11
4.00	10/11/2017	14:33:58	2.237	31.5	1486.518	11.11
5.00	10/11/2017	14:33:59	1.618	31.5	1073.226	11.11
6.00	10/11/2017	14:34:00	2.328	31.5	1546.512	11.11
7.00	10/11/2017	14:34:01	2.113	31.5	1406.526	11.11
8.00	10/11/2017	14:34:02	1.755	31.5	1166.55	11.11
9.00	10/11/2017	14:34:03	1.755	31.5	1166.55	11.11
10.00	10/11/2017	14:34:04	2.336	31.5	1553.177	11.11
11.00	10/11/2017	14:34:05	2.486	31.5	1653.168	11.11
12.00	10/11/2017	14:34:06	2.522	31.5	1679.832	11.11
13.00	10/11/2017	14:34:07	2.521	31.5	1679.832	11.11
14.00	10/11/2017	14:34:08	2.521	31.5	1679.832	11.11
15.00	10/11/2017	14:34:09	2.521	31.5	1679.832	11.11
16.00	10/11/2017	14:34:10	2.539	31.5	1686.497	11.11
17.00	10/11/2017	14:34:11	2.698	31.5	1793.153	11.11
18.00	10/11/2017	14:34:12	2.707	31.5	1799.82	11.11
19.00	10/11/2017	14:34:13	2.708	31.5	1799.82	11.11
20.00	10/11/2017	14:34:14	2.714	31.5	1806.485	11.11
21.00	10/11/2017	14:34:15	2.73	31.5	1819.817	11.11
22.00	10/11/2017	14:34:16	2.725	31.5	1813.151	11.11
23.00	10/11/2017	14:34:17	2.726	31.5	1813.151	11.11
24.00	10/11/2017	14:34:18	2.727	31.5	1813.151	11.11
25.00	10/11/2017	14:34:19	1.938	31.6	1286.538	11.11
26.00	10/11/2017	14:34:20	2.106	31.6	1399.859	11.11
27.00	10/11/2017	14:34:21	2.121	31.6	1413.191	11.11
28.00	10/11/2017	14:34:22	2.671	31.6	1779.822	11.11
29.00	10/11/2017	14:34:23	2.682	31.6	1786.488	11.11
30.00	10/11/2017	14:34:24	2.697	31.6	1793.153	11.11
31.00	10/11/2017	14:34:25	1.872	31.6	1246.541	11.11
32.00	10/11/2017	14:34:26	2.433	31.6	1619.838	11.11
33.00	10/11/2017	14:34:27	2.421	31.6	1613.171	11.11
34.00	10/11/2017	14:34:28	2.315	31.6	1539.846	11.11
35.00	10/11/2017	14:34:29	1.897	31.6	1259.874	11.11
36.00	10/11/2017	14:34:30	2.182	31.6	1453.187	11.11
37.00	10/11/2017	14:34:31	2.626	31.6	1746.491	11.11
38.00	10/11/2017	14:34:32	2.638	31.6	1753.158	11.11
39.00	10/11/2017	14:34:33	2.825	31.6	1879.812	11.11
40.00	10/11/2017	14:34:34	2.448	31.6	1626.504	11.11

42.00	10/11/2017	14:34:36	2.108	31.6	1399.859	11.11
43.00	10/11/2017	14:34:37	2.116	31.7	1406.526	11.11
44.00	10/11/2017	14:34:38	2.616	31.7	1739.826	11.11
45.00	10/11/2017	14:34:39	2.882	31.7	1919.807	11.11
46.00	10/11/2017	14:34:40	2.576	31.7	1713.162	11.11
47.00	10/11/2017	14:34:41	2.739	31.7	1819.817	11.11
48.00	10/11/2017	14:34:42	2.756	31.6	1833.15	11.11
49.00	10/11/2017	14:34:43	2.763	31.6	1839.816	11.11
50.00	10/11/2017	14:34:44	2.77	31.6	1846.482	11.11
51.00	10/11/2017	14:34:45	2.772	31.6	1846.482	11.11
52.00	10/11/2017	14:34:46	2.785	31.6	1853.147	11.11
53.00	10/11/2017	14:34:47	2.797	31.6	1859.814	11.11
54.00	10/11/2017	14:34:48	2.796	31.6	1859.814	11.11
55.00	10/11/2017	14:34:49	2.797	31.6	1859.814	11.11
56.00	10/11/2017	14:34:50	2.797	31.6	1859.814	11.11
57.00	10/11/2017	14:34:51	2.79	31.6	1859.814	11.11
58.00	10/11/2017	14:34:52	2.782	31.6	1853.147	11.11
59.00	10/11/2017	14:34:53	2.783	31.6	1853.147	11.11
60.00	10/11/2017	14:34:54	2.792	31.6	1859.814	11.11
61.00	10/11/2017	14:34:55	2.783	31.6	1853.147	11.11
Hasil Rata Rata			3.22247541	30.538	2145.031	10.92786885

Waktu	Water Flow	Suhu 1 (T out udara)	Suhu 2 (T in Udara)	Suhu 3 (T in Air)	Suhu 4 (T out air)
14:33:37	2.80	34	33	57	46
14:33:38	33.90	34	33	58	46
14:33:39	1.70	34	33	58	46
14:33:40	1.90	34	33	58	46
14:33:41	1.70	34	33	58	47
14:33:42	1.90	34	33	58	47
14:33:43	1.90	34	33	58	47
14:33:44	1.90	34	33	58	47
14:33:45	1.90	34	33	58	47
14:33:46	1.90	34	33	58	48
14:33:47	2.20	34	33	59	48
14:33:48	1.90	34	33	59	48
14:33:49	1.90	34	33	59	48
14:33:50	1.90	34	33	59	48
14:33:51	1.70	34	33	59	48
14:33:52	1.90	34	33	59	48
14:33:53	1.70	34	33	59	49
14:33:54	1.70	34	33	59	49
14:33:55	1.50	34	33	59	49
14:33:56	1.70	34	33	59	49

14:33:57	1.70	34	33	60	49
14:33:58	1.70	34	33	60	49
14:33:59	1.90	34	33	60	50
14:34:00	2.20	34	33	60	50
14:34:01	1.90	34	33	60	50
14:34:02	2.20	34	33	60	50
14:34:03	1.90	34	33	60	50
14:34:04	1.90	34	33	60	50
14:34:05	1.90	34	33	60	50
14:34:06	1.70	34	33	60	51
14:34:07	1.70	34	33	60	51
14:34:08	1.70	34	33	60	51
14:34:09	1.70	34	33	61	51
14:34:10	29.70	35	33	61	51
14:34:11	15.00	34	33	61	51
14:34:12	2.60	34	33	61	51
14:34:13	2.40	35	33	61	51
14:34:14	2.60	35	33	61	51
14:34:15	1.90	35	33	61	51
14:34:16	2.40	35	33	61	51
14:34:17	1.90	35	33	61	52
14:34:18	2.20	35	33	61	52
14:34:19	2.20	35	33	61	52
14:34:20	2.40	35	33	61	52
14:34:21	2.20	35	33	62	52
14:34:22	2.20	35	33	62	52
14:34:23	2.20	35	33	62	52
14:34:24	2.20	35	33	62	52
14:34:25	2.20	35	33	62	52
14:34:26	2.20	35	33	62	53
14:34:27	2.20	35	33	62	53
14:34:28	1.90	35	33	62	53
14:34:29	2.20	35	33	62	53
14:34:30	2.20	35	33	62	53
14:34:31	2.20	35	33	62	53
14:34:32	2.20	35	33	62	53
14:34:33	2.20	35	33	62	53
14:34:34	2.40	35	33	62	53
14:34:35	2.20	35	33	62	54
14:34:36	2.20	35	33	62	54
14:34:37	2.40	35	33	62	54
14:34:38	2.40	35	33	62	54
14:34:39	1.90	35	33	62	54
14:34:40	2.40	35	33	63	54
14:34:41	2.20	35	33	63	54
14:34:42	2.20	35	33	63	54

14:34:43	2.20	35	33	63	54
14:34:44	2.20	35	33	63	54
14:34:45	1.90	35	33	63	54
14:34:46	2.20	35	33	63	55
14:34:47	2.20	35	33	63	55
14:34:48	2.20	35	33	63	55
14:34:49	2.20	35	33	63	55
14:34:50	2.20	35	33	63	55
14:34:51	2.20	35	33	63	55
14:34:52	2.20	35	33	63	55
14:34:53	2.20	35	33	63	55
14:34:54	2.20	35	33	63	55
14:34:55	2.20	35	33	63	55
14:34:56	2.20	35	33	63	55
Rata Rata	2.98	34.56	33.00	60.88	51.30

## 2. Data Arduino Percobaan 2 speed kipas 2 bukaan katup 100%

<b>Samples</b>	<b>Report</b>	<b>10/11/2017</b>	<b>14:50:35</b>			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	14:47:55	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	14:47:56	0	0	0	0
3.00	10/11/2017	14:47:57	2.438	31.4	1619.838	11.11
4.00	10/11/2017	14:47:58	3.342	31.4	2226.444	11.11
5.00	10/11/2017	14:47:59	3.105	31.4	2066.459	11.11
6.00	10/11/2017	14:48:00	2.818	31.4	1873.145	11.11
7.00	10/11/2017	14:48:01	3.187	31.3	2119.788	11.11
8.00	10/11/2017	14:48:02	3.661	31.3	2439.755	11.11
9.00	10/11/2017	14:48:03	3.848	31.3	2559.743	11.11
10.00	10/11/2017	14:48:04	3.859	31.3	2566.41	11.11
11.00	10/11/2017	14:48:05	3.867	31.3	2573.076	11.11
12.00	10/11/2017	14:48:06	3.365	31.4	2239.776	11.11
13.00	10/11/2017	14:48:07	3.373	31.4	2246.441	11.11
14.00	10/11/2017	14:48:08	3.373	31.4	2246.441	11.11
15.00	10/11/2017	14:48:09	3.367	31.4	2239.776	11.11
16.00	10/11/2017	14:48:10	2.904	31.4	1933.14	11.11
17.00	10/11/2017	14:48:11	3.057	31.4	2033.13	11.11
18.00	10/11/2017	14:48:12	3.406	31.4	2266.439	11.11
19.00	10/11/2017	14:48:13	3.406	31.4	2266.439	11.11
20.00	10/11/2017	14:48:14	3.399	31.4	2259.773	11.11
21.00	10/11/2017	14:48:15	3.028	31.4	2013.132	11.11
22.00	10/11/2017	14:48:16	3.534	31.4	2353.097	11.11
23.00	10/11/2017	14:48:17	3.11	31.4	2073.125	11.11

24.00	10/11/2017	14:48:18	3.4	31.4	2266.439	11.11
25.00	10/11/2017	14:48:19	3.638	31.4	2419.758	11.11
26.00	10/11/2017	14:48:20	3.33	31.5	2219.778	11.11
27.00	10/11/2017	14:48:21	3.498	31.5	2326.434	11.11
28.00	10/11/2017	14:48:22	2.677	31.5	1779.822	11.11
29.00	10/11/2017	14:48:23	2.677	31.5	1779.822	11.11
30.00	10/11/2017	14:48:24	3.101	31.5	2066.459	11.11
31.00	10/11/2017	14:48:25	3.605	31.5	2399.76	11.11
32.00	10/11/2017	14:48:26	3.604	31.5	2399.76	11.11
33.00	10/11/2017	14:48:27	3.591	31.4	2393.093	11.11
34.00	10/11/2017	14:48:28	3.401	31.4	2266.439	11.11
35.00	10/11/2017	14:48:29	3.401	31.4	2266.439	11.11
36.00	10/11/2017	14:48:30	3.409	31.4	2266.439	11.11
37.00	10/11/2017	14:48:31	2.466	31.4	1639.835	11.11
38.00	10/11/2017	14:48:32	3.183	31.4	2119.788	11.11
39.00	10/11/2017	14:48:33	3.37	31.4	2246.441	11.11
40.00	10/11/2017	14:48:34	3.383	31.4	2253.108	11.11
41.00	10/11/2017	14:48:35	3.396	31.4	2259.773	11.11
42.00	10/11/2017	14:48:36	3.407	31.4	2266.439	11.11
43.00	10/11/2017	14:48:37	3.417	31.5	2273.105	11.11
44.00	10/11/2017	14:48:38	3.432	31.5	2286.437	11.11
45.00	10/11/2017	14:48:39	3.446	31.5	2293.104	11.11
46.00	10/11/2017	14:48:40	3.409	31.5	2266.439	11.11
47.00	10/11/2017	14:48:41	3.219	31.5	2139.785	11.11
48.00	10/11/2017	14:48:42	3.445	31.5	2293.104	11.11
49.00	10/11/2017	14:48:43	3.666	31.5	2439.755	11.11
50.00	10/11/2017	14:48:44	3.652	31.5	2433.09	11.11
51.00	10/11/2017	14:48:45	3.639	31.5	2419.758	11.11
52.00	10/11/2017	14:48:46	3.368	31.5	2239.776	11.11
53.00	10/11/2017	14:48:47	3.368	31.5	2239.776	11.11
54.00	10/11/2017	14:48:48	3.375	31.5	2246.441	11.11
55.00	10/11/2017	14:48:49	3.364	31.5	2239.776	11.11
56.00	10/11/2017	14:48:50	3.168	31.5	2106.456	11.11
57.00	10/11/2017	14:48:51	3.103	31.5	2066.459	11.11
58.00	10/11/2017	14:48:52	3.462	31.5	2306.436	11.11
59.00	10/11/2017	14:48:53	3.474	31.5	2313.102	11.11
60.00	10/11/2017	14:48:54	3.486	31.5	2319.768	11.11
61.00	10/11/2017	14:48:55	3.492	31.5	2326.434	11.11
62.00	10/11/2017	14:48:56	3.207	31.5	2133.12	11.11
63.00	10/11/2017	14:48:57	3.207	31.5	2133.12	11.11
64.00	10/11/2017	14:48:58	3.396	31.5	2259.773	11.11
65.00	10/11/2017	14:48:59	3.404	31.5	2266.439	11.11
66.00	10/11/2017	14:49:00	3.41	31.5	2273.105	11.11
67.00	10/11/2017	14:49:01	3.409	31.5	2266.439	11.11
68.00	10/11/2017	14:49:02	3.564	31.5	2373.095	11.11
69.00	10/11/2017	14:49:03	3.285	31.5	2186.447	11.11

70.00	10/11/2017	14:49:04	2.484	31.5	1653.168	11.11
71.00	10/11/2017	14:49:05	3.174	31.5	2113.122	11.11
72.00	10/11/2017	14:49:06	2.766	31.5	1839.816	11.11
73.00	10/11/2017	14:49:07	3.454	31.5	2299.77	11.11
74.00	10/11/2017	14:49:08	2.889	31.5	1919.807	11.11
75.00	10/11/2017	14:49:09	2.878	31.5	1913.141	11.11
76.00	10/11/2017	14:49:10	3.462	31.5	2306.436	11.11
77.00	10/11/2017	14:49:11	3.463	31.5	2306.436	11.11
78.00	10/11/2017	14:49:12	3.463	31.5	2306.436	11.11
79.00	10/11/2017	14:49:13	3.462	31.5	2306.436	11.11
80.00	10/11/2017	14:49:14	3.462	31.5	2306.436	11.11
81.00	10/11/2017	14:49:15	3.464	31.5	2306.436	11.11
82.00	10/11/2017	14:49:16	3.469	31.5	2306.436	11.11
83.00	10/11/2017	14:49:17	3.456	31.5	2299.77	11.11
84.00	10/11/2017	14:49:18	3.202	31.5	2133.12	11.11
85.00	10/11/2017	14:49:19	3.442	31.5	2293.104	11.11
86.00	10/11/2017	14:49:20	3.604	31.5	2399.76	11.11
87.00	10/11/2017	14:49:21	3.592	31.5	2393.093	11.11
88.00	10/11/2017	14:49:22	3.584	31.5	2386.427	11.11
89.00	10/11/2017	14:49:23	3.596	31.5	2393.093	11.11
90.00	10/11/2017	14:49:24	2.926	31.5	1946.472	11.11
91.00	10/11/2017	14:49:25	3.43	31.5	2286.437	11.11
92.00	10/11/2017	14:49:26	3.619	31.5	2406.426	11.11
93.00	10/11/2017	14:49:27	3.389	31.5	2253.108	11.11
94.00	10/11/2017	14:49:28	3.576	31.5	2379.761	11.11
95.00	10/11/2017	14:49:29	3.195	31.5	2126.454	11.11
96.00	10/11/2017	14:49:30	2.281	31.5	1519.847	11.11
97.00	10/11/2017	14:49:31	2.875	31.5	1913.141	11.11
98.00	10/11/2017	14:49:32	3.827	31.5	2546.412	11.11
99.00	10/11/2017	14:49:33	3.595	31.5	2393.093	11.11
100.00	10/11/2017	14:49:34	3.797	31.5	2526.414	11.11
101.00	10/11/2017	14:49:35	3.952	31.5	2633.069	11.11
102.00	10/11/2017	14:49:36	3.951	31.5	2633.069	11.11
103.00	10/11/2017	14:49:37	3.797	31.5	2526.414	11.11
104.00	10/11/2017	14:49:38	3.81	31.5	2539.745	11.11
105.00	10/11/2017	14:49:39	3.808	31.5	2533.08	11.11
106.00	10/11/2017	14:49:40	3.96	31.5	2639.736	11.11
107.00	10/11/2017	14:49:41	3.949	31.5	2626.404	11.11
108.00	10/11/2017	14:49:42	3.932	31.5	2619.738	11.11
109.00	10/11/2017	14:49:43	3.931	31.5	2619.738	11.11
110.00	10/11/2017	14:49:44	3.925	31.5	2613.071	11.11
Hasil Rata Rata			3.324927273	30.89272727	2213.232764	10.908

<b>Waktu</b>	<b>Water Flow</b>	<b>Suhu 1 (Tout Udara)</b>	<b>Suhu 2 (Tin Udara)</b>	<b>Suhu 3 (Tin Air)</b>	<b>Suhu 4 (Tout air)</b>
14:47:46	2.40	34	33	58	44
14:47:47	2.40	34	33	59	45
14:47:48	2.40	33	33	59	45
14:47:49	2.40	34	33	59	45
14:47:50	2.60	34	33	59	46
14:47:51	2.40	34	33	59	46
14:47:52	2.40	34	33	59	46
14:47:53	2.60	34	33	59	47
14:47:54	2.40	34	33	59	47
14:47:55	2.40	34	33	59	47
14:47:56	2.40	34	33	59	48
14:47:57	2.60	34	33	59	48
14:47:58	2.40	34	33	59	48
14:47:59	2.40	34	33	59	49
14:48:00	2.40	34	33	59	49
14:48:01	2.60	34	33	59	49
14:48:02	2.40	34	33	59	49
14:48:03	2.40	34	33	59	50
14:48:04	2.20	34	33	59	50
14:48:05	2.40	34	33	59	50
14:48:06	2.60	34	33	59	50
14:48:07	2.40	34	33	59	50
14:48:08	2.20	34	33	59	50
14:48:09	2.40	34	33	59	51
14:48:10	2.20	34	33	59	51
14:48:11	2.40	34	33	59	51
14:48:12	3.10	34	33	59	51
14:48:13	2.20	34	33	60	51
14:48:14	1.90	34	33	60	51
14:48:15	2.20	34	33	60	51
14:48:16	1.90	34	33	60	51
14:48:17	1.90	34	33	60	51
14:48:18	1.70	34	33	60	51
14:48:19	1.90	34	33	60	52
14:48:20	1.70	34	33	60	52
14:48:21	1.90	34	33	60	52
14:48:22	1.90	34	33	60	52
14:48:23	1.70	34	33	60	52
14:48:24	1.70	34	33	60	52
14:48:25	1.90	34	33	60	52
14:48:26	1.70	34	33	60	52
14:48:27	1.70	34	33	60	52

14:48:28	1.70	34	33	60	52
14:48:29	1.70	34	33	60	52
14:48:30	1.50	34	33	60	52
14:48:31	1.70	34	33	60	52
14:48:32	1.70	34	33	60	52
14:48:33	1.50	34	33	60	52
14:48:34	1.50	34	33	60	52
14:48:35	1.50	34	33	60	52
14:48:36	1.70	34	33	60	52
14:48:37	1.50	34	33	60	52
14:48:38	1.50	34	33	60	52
14:48:39	1.70	34	33	60	52
14:48:40	1.50	34	33	60	52
14:48:41	1.70	34	33	60	52
14:48:42	1.50	34	33	60	53
14:48:43	1.50	34	33	60	53
14:48:44	1.70	34	33	60	53
14:48:45	1.50	34	33	60	53
14:48:46	1.50	34	33	60	53
14:48:47	1.70	34	33	60	53
14:48:48	1.50	34	33	60	53
14:48:49	1.50	34	33	60	53
14:48:50	1.70	34	33	60	53
14:48:51	1.50	34	33	60	53
14:48:52	1.70	34	33	60	53
14:48:53	1.50	34	33	60	53
14:48:54	1.50	35	33	60	53
14:48:55	1.70	35	33	60	53
14:48:56	1.50	35	33	60	53
14:48:57	1.50	35	33	60	53
14:48:58	1.50	35	33	60	53
14:48:59	1.50	35	33	60	53
14:49:00	1.50	35	33	60	53
14:49:01	1.50	35	33	60	53
14:49:02	1.50	35	33	60	53
14:49:03	1.50	35	33	60	53
14:49:04	1.70	35	33	60	53
14:49:05	1.50	35	33	60	53
14:49:06	1.50	35	33	60	53
14:49:07	1.70	35	33	60	53
14:49:08	1.50	35	33	60	53
14:49:09	1.50	35	33	60	53
14:49:10	1.50	35	33	60	53
14:49:11	1.50	35	33	60	53
14:49:12	1.50	35	33	60	53
14:49:13	1.50	35	33	60	53



14:49:14	1.50	35	33	60	53
14:49:15	1.50	35	33	60	53
14:49:16	1.50	35	33	60	53
14:49:17	1.50	35	33	61	53
14:49:18	15.50	35	33	61	53
14:49:19	2.20	35	33	61	54
14:49:20	2.20	35	33	61	54
14:49:21	2.20	35	33	61	54
14:49:22	2.40	35	33	61	54
14:49:23	2.40	35	33	61	54
14:49:24	2.40	35	33	61	54
14:49:25	2.20	35	33	61	54
14:49:26	2.40	35	33	61	54
14:49:27	2.40	35	33	61	54
14:49:28	2.40	35	33	61	54
14:49:29	2.40	35	33	61	54
14:49:30	2.20	35	33	61	54
14:49:31	2.40	35	33	61	54
14:49:32	2.40	35	33	61	54
14:49:33	2.40	35	33	61	54
14:49:34	2.40	35	33	61	54
14:49:35	2.20	35	33	61	54
14:49:36	2.40	35	33	61	54
14:49:37	2.40	35	33	61	54
14:49:38	2.40	35	33	61	54
14:49:39	2.40	35	33	61	54
14:49:40	2.20	35	33	61	54
14:49:41	2.40	35	33	61	54
14:49:42	2.40	35	33	61	54
14:49:43	2.20	35	33	61	54
14:49:44	2.40	35	33	61	54
Rata Rata	2.08	34.42	33.00	60.00	51.84

### 3. Data Arduino Percobaan 3 speed kipas 3 bukaan katup 100%

<b>Samples</b>	<b>Report</b>	<b>10/11/2017</b>	<b>15:03:35</b>			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	14:58:07	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	14:58:07	0	0	0	0
3.00	10/11/2017	14:58:08	2.572	31.5	1713.162	11.11
4.00	10/11/2017	14:58:09	3.696	31.5	2459.753	11.11
5.00	10/11/2017	14:58:10	3.984	31.5	2653.067	11.11
6.00	10/11/2017	14:58:11	3.983	31.5	2653.067	11.11

7.00	10/11/2017	14:58:12	3.971	31.6	2646.402	11.11
8.00	10/11/2017	14:58:13	3.498	31.6	2326.434	11.11
9.00	10/11/2017	14:58:14	3.817	31.6	2539.745	11.11
10.00	10/11/2017	14:58:15	3.287	31.6	2186.447	11.11
11.00	10/11/2017	14:58:16	3.288	31.6	2186.447	11.11
12.00	10/11/2017	14:58:17	3.012	31.6	2006.465	11.11
13.00	10/11/2017	14:58:18	2.539	31.6	1686.497	11.11
14.00	10/11/2017	14:58:19	3.194	31.6	2126.454	11.11
15.00	10/11/2017	14:58:20	3.537	31.6	2353.097	11.11
16.00	10/11/2017	14:58:21	3.515	31.6	2339.766	11.11
17.00	10/11/2017	14:58:22	3.525	31.6	2346.432	11.11
18.00	10/11/2017	14:58:23	3.525	31.6	2346.432	11.11
19.00	10/11/2017	14:58:24	3.534	31.6	2353.097	11.11
20.00	10/11/2017	14:58:25	3.52	31.6	2346.432	11.11
21.00	10/11/2017	14:58:26	3.527	31.6	2346.432	11.11
22.00	10/11/2017	14:58:27	3.706	31.6	2466.419	11.11
23.00	10/11/2017	14:58:28	3.695	31.6	2459.753	11.11
24.00	10/11/2017	14:58:29	3.688	31.6	2453.088	11.11
25.00	10/11/2017	14:58:30	3.69	31.6	2459.753	11.11
26.00	10/11/2017	14:58:31	3.115	31.7	2073.125	11.11
27.00	10/11/2017	14:58:32	3.126	31.7	2079.791	11.11
28.00	10/11/2017	14:58:33	3.135	31.7	2086.458	11.11
29.00	10/11/2017	14:58:34	3.56	31.7	2373.095	11.11
30.00	10/11/2017	14:58:35	3.566	31.7	2373.095	11.11
31.00	10/11/2017	14:58:36	3.577	31.7	2379.761	11.11
32.00	10/11/2017	14:58:37	3.579	31.8	2379.761	11.11
33.00	10/11/2017	14:58:38	3.58	31.8	2386.427	11.11
34.00	10/11/2017	14:58:39	3.594	31.8	2393.093	11.11
35.00	10/11/2017	14:58:40	3.611	31.8	2406.426	11.11
36.00	10/11/2017	14:58:41	3.604	31.8	2399.76	11.11
37.00	10/11/2017	14:58:42	3.604	31.8	2399.76	11.11
38.00	10/11/2017	14:58:43	3.602	31.8	2399.76	11.11
39.00	10/11/2017	14:58:44	3.599	31.8	2393.093	11.11
40.00	10/11/2017	14:58:45	2.977	31.8	1979.802	11.11
41.00	10/11/2017	14:58:46	2.975	31.8	1979.802	11.11
42.00	10/11/2017	14:58:47	2.781	31.8	1853.147	11.11
43.00	10/11/2017	14:58:48	3.103	31.8	2066.459	11.11
44.00	10/11/2017	14:58:49	3.253	31.8	2166.45	11.11
45.00	10/11/2017	14:58:50	3.593	31.7	2393.093	11.11
46.00	10/11/2017	14:58:51	3.599	31.8	2393.093	11.11
47.00	10/11/2017	14:58:52	3.6	31.8	2399.76	11.11
48.00	10/11/2017	14:58:54	3.74	31.8	2493.083	11.11
49.00	10/11/2017	14:58:54	3.731	31.8	2486.417	11.11
50.00	10/11/2017	14:58:55	3.011	31.8	2006.465	11.11
51.00	10/11/2017	14:58:56	2.999	31.8	1993.134	11.11
52.00	10/11/2017	14:58:57	3.435	31.8	2286.437	11.11

53.00	10/11/2017	14:58:58	3.686	31.8	2453.088	11.11
54.00	10/11/2017	14:58:59	3.686	31.8	2453.088	11.11
55.00	10/11/2017	14:59:00	3.687	31.7	2453.088	11.11
56.00	10/11/2017	14:59:01	3.687	31.8	2453.088	11.11
57.00	10/11/2017	14:59:02	3.688	31.8	2453.088	11.11
58.00	10/11/2017	14:59:03	3.686	31.8	2453.088	11.11
59.00	10/11/2017	14:59:04	3.685	31.8	2453.088	11.11
60.00	10/11/2017	14:59:05	3.68	31.8	2453.088	11.11
61.00	10/11/2017	14:59:06	3.674	31.8	2446.422	11.11
62.00	10/11/2017	14:59:07	3.623	31.7	2413.092	11.11
63.00	10/11/2017	14:59:08	2.568	31.7	1706.495	11.11
64.00	10/11/2017	14:59:09	2.89	31.7	1926.473	11.11
65.00	10/11/2017	14:59:10	3.778	31.7	2513.082	11.11
66.00	43019.00	0.62	3.78	31.70	2513.082	11.11
67.00	10/11/2017	14:59:12	3.54	31.7	2359.764	11.11
68.00	10/11/2017	14:59:13	3.814	31.7	2539.745	11.11
69.00	10/11/2017	14:59:14	3.814	31.7	2539.745	11.11
70.00	10/11/2017	14:59:15	3.815	31.7	2539.745	11.11
71.00	10/11/2017	14:59:16	3.793	31.7	2526.414	11.11
72.00	10/11/2017	14:59:17	3.782	31.7	2519.748	11.11
73.00	10/11/2017	14:59:18	3.772	31.7	2513.082	11.11
74.00	10/11/2017	14:59:19	3.766	31.7	2506.416	11.11
75.00	10/11/2017	14:59:20	3.752	31.8	2499.75	11.11
76.00	10/11/2017	14:59:21	3.516	31.8	2339.766	11.11
77.00	10/11/2017	14:59:22	3.516	31.8	2339.766	11.11
78.00	10/11/2017	14:59:23	3.759	31.8	2499.75	11.11
79.00	10/11/2017	14:59:24	3.758	31.8	2499.75	11.11
80.00	10/11/2017	14:59:25	3.745	31.8	2493.083	11.11
81.00	10/11/2017	14:59:26	3.736	31.8	2486.417	11.11
82.00	10/11/2017	14:59:27	3.736	31.8	2486.417	11.11
83.00	10/11/2017	14:59:28	3.73	31.7	2486.417	11.11
84.00	10/11/2017	14:59:29	3.723	31.7	2479.751	11.11
85.00	10/11/2017	14:59:30	3.728	31.7	2479.751	11.11
86.00	10/11/2017	14:59:31	3.73	31.7	2486.417	11.11
87.00	10/11/2017	14:59:32	3.729	31.7	2479.751	11.11
88.00	10/11/2017	14:59:33	3.728	31.7	2479.751	11.11
89.00	10/11/2017	14:59:34	3.709	31.7	2466.419	11.11
90.00	10/11/2017	14:59:35	3.703	31.7	2466.419	11.11
91.00	10/11/2017	14:59:36	3.511	31.7	2339.766	11.11
92.00	10/11/2017	14:59:37	3.519	31.7	2339.766	11.11
93.00	10/11/2017	14:59:38	3.526	31.7	2346.432	11.11
94.00	10/11/2017	14:59:39	3.53	31.8	2353.097	11.11
95.00	10/11/2017	14:59:40	3.539	31.8	2353.097	11.11
96.00	10/11/2017	14:59:41	3.72	31.8	2479.751	11.11
97.00	10/11/2017	14:59:42	3.721	31.8	2479.751	11.11
98.00	10/11/2017	14:59:43	3.255	31.8	2166.45	11.11

99.00	10/11/2017	14:59:44	3.022	31.8	2013.132	11.11
100.00	10/11/2017	14:59:45	3.03	31.8	2019.797	11.11
101.00	10/11/2017	14:59:46	2.536	31.8	1686.497	11.11
102.00	10/11/2017	14:59:47	3.426	31.8	2279.771	11.11
103.00	10/11/2017	14:59:48	3.606	31.8	2399.76	11.11
104.00	10/11/2017	14:59:49	3.616	31.7	2406.426	11.11
105.00	10/11/2017	14:59:50	3.617	31.7	2406.426	11.11
106.00	10/11/2017	14:59:51	3.609	31.7	2399.76	11.11
107.00	10/11/2017	14:59:52	3.615	31.7	2406.426	11.11
108.00	10/11/2017	14:59:53	3.175	31.7	2113.122	11.11
109.00	10/11/2017	14:59:54	3.16	31.7	2106.456	11.11
110.00	10/11/2017	14:59:55	3.158	31.7	2099.79	11.11
111.00	10/11/2017	14:59:56	3.527	31.7	2346.432	11.11
112.00	10/11/2017	14:59:57	2.742	31.7	1826.484	11.11
113.00	10/11/2017	14:59:58	2.743	31.7	1826.484	11.11
114.00	10/11/2017	14:59:59	2.215	31.7	1473.185	11.11
115.00	10/11/2017	15:00:00	2.975	31.7	1979.802	11.11
116.00	10/11/2017	15:00:01	2.663	31.8	1773.156	11.11
117.00	10/11/2017	15:00:02	3.534	31.7	2353.097	11.11
118.00	10/11/2017	15:00:03	3.545	31.7	2359.764	11.11
119.00	10/11/2017	15:00:04	3.544	31.7	2359.764	11.11
120.00	10/11/2017	15:00:05	2.38	31.7	1586.508	11.11
121.00	10/11/2017	15:00:06	3.379	31.7	2246.441	11.11
122.00	10/11/2017	15:00:07	3.539	31.7	2353.097	11.11
123.00	10/11/2017	15:00:08	3.539	31.7	2353.097	11.11
124.00	10/11/2017	15:00:09	3.538	31.7	2353.097	11.11
125.00	10/11/2017	15:00:10	3.697	31.7	2459.753	11.11
126.00	10/11/2017	15:00:11	3.695	31.7	2459.753	11.11
127.00	10/11/2017	15:00:12	3.694	31.7	2459.753	11.11
128.00	10/11/2017	15:00:13	3.693	31.7	2459.753	11.11
129.00	10/11/2017	15:00:14	3.693	31.7	2459.753	11.11
130.00	10/11/2017	15:00:15	3.693	31.7	2459.753	11.11
131.00	10/11/2017	15:00:16	3.693	31.7	2459.753	11.11
132.00	10/11/2017	15:00:17	3.692	31.7	2459.753	11.11
133.00	10/11/2017	15:00:18	3.692	31.8	2459.753	11.11
134.00	10/11/2017	15:00:19	3.687	31.8	2453.088	11.11
135.00	10/11/2017	15:00:20	3.29	31.8	2193.114	11.11
136.00	10/11/2017	15:00:21	3.532	31.8	2353.097	11.11
137.00	10/11/2017	15:00:22	3.544	31.8	2359.764	11.11
138.00	10/11/2017	15:00:23	3.546	31.8	2359.764	11.11
139.00	10/11/2017	15:00:24	3.56	31.8	2373.095	11.11
140.00	10/11/2017	15:00:25	3.741	31.8	2493.083	11.11
141.00	10/11/2017	15:00:26	3.329	31.8	2213.112	11.11
142.00	10/11/2017	15:00:27	2.815	31.8	1873.145	11.11
143.00	10/11/2017	15:00:28	3.453	31.8	2299.77	11.11
144.00	10/11/2017	15:00:29	3.732	31.8	2486.417	11.11

145.00	10/11/2017	15:00:30	3.733	31.8	2486.417	11.11
146.00	10/11/2017	15:00:31	3.733	31.8	2486.417	11.11
147.00	10/11/2017	15:00:32	3.734	31.8	2486.417	11.11
148.00	10/11/2017	15:00:33	3.725	31.8	2479.751	11.11
149.00	10/11/2017	15:00:34	3.717	31.8	2473.086	11.11
150.00	10/11/2017	15:00:35	3.711	31.8	2473.086	11.11
151.00	10/11/2017	15:00:36	3.705	31.8	2466.419	11.11
152.00	10/11/2017	15:00:37	3.703	31.8	2466.419	11.11
153.00	10/11/2017	15:00:38	3.699	31.8	2459.753	11.11
154.00	10/11/2017	15:00:39	3.699	31.8	2459.753	11.11
155.00	10/11/2017	15:00:40	3.699	31.8	2459.753	11.11
156.00	10/11/2017	15:00:41	3.545	31.8	2359.764	11.11
157.00	10/11/2017	15:00:42	3.546	31.8	2359.764	11.11
158.00	10/11/2017	15:00:43	3.57	31.8	2379.761	11.11
159.00	10/11/2017	15:00:44	3.581	31.8	2386.427	11.11
160.00	10/11/2017	15:00:45	3.592	31.8	2393.093	11.11
161.00	10/11/2017	15:00:46	3.594	31.8	2393.093	11.11
162.00	10/11/2017	15:00:48	3.605	31.8	2399.76	11.11
163.00	10/11/2017	15:00:48	3.832	31.8	2553.078	11.11
164.00	10/11/2017	15:00:49	3.654	31.8	2433.09	11.11
165.00	10/11/2017	15:00:50	3.655	31.8	2433.09	11.11
166.00	10/11/2017	15:00:51	3.829	31.8	2546.412	11.11
167.00	10/11/2017	15:00:52	3.823	31.9	2546.412	11.11
168.00	10/11/2017	15:00:53	3.439	31.9	2286.437	11.11
169.00	10/11/2017	15:00:54	2.734	31.9	1819.817	11.11
170.00	10/11/2017	15:00:55	2.583	31.8	1719.828	11.11
171.00	10/11/2017	15:00:56	2.583	31.8	1719.828	11.11
172.00	10/11/2017	15:00:57	3.38	31.8	2253.108	11.11
173.00	10/11/2017	15:00:58	3.38	31.8	2253.108	11.11
174.00	10/11/2017	15:00:59	3.38	31.8	2253.108	11.11
175.00	10/11/2017	15:01:00	3.599	31.8	2393.093	11.11
176.00	10/11/2017	15:01:01	3.608	31.8	2399.76	11.11
177.00	10/11/2017	15:01:02	3.609	31.8	2399.76	11.11
178.00	10/11/2017	15:01:03	3.619	31.8	2406.426	11.11
179.00	10/11/2017	15:01:04	3.631	31.8	2419.758	11.11
180.00	10/11/2017	15:01:05	3.842	31.8	2559.743	11.11
181.00	10/11/2017	15:01:06	3.858	31.8	2566.41	11.11
182.00	10/11/2017	15:01:07	4.009	31.8	2666.4	11.11
183.00	10/11/2017	15:01:08	4.001	31.8	2666.4	11.11
184.00	10/11/2017	15:01:09	2.771	31.8	1846.482	11.11
185.00	10/11/2017	15:01:10	3.6	31.7	2399.76	11.11
186.00	10/11/2017	15:01:11	4.166	31.7	2773.055	11.11
187.00	10/11/2017	15:01:12	4.165	31.7	2773.055	11.11
188.00	10/11/2017	15:01:13	3.937	31.7	2619.738	11.11
189.00	10/11/2017	15:01:14	3.938	31.7	2619.738	11.11
190.00	10/11/2017	15:01:15	3.502	31.7	2333.1	11.11

191.00	10/11/2017	15:01:16	3.34	31.7	2226.444	11.11
192.00	10/11/2017	15:01:17	2.021	31.7	1346.531	11.11
193.00	10/11/2017	15:01:18	2.739	31.7	1819.817	11.11
194.00	10/11/2017	15:01:19	2.407	31.7	1599.839	11.11
195.00	10/11/2017	15:01:20	3.617	31.7	2406.426	11.11
196.00	10/11/2017	15:01:21	3.977	31.6	2646.402	11.11
197.00	10/11/2017	15:01:22	3.978	31.6	2646.402	11.11
198.00	10/11/2017	15:01:23	3.992	31.6	2659.733	11.11
199.00	10/11/2017	15:01:24	3.979	31.6	2646.402	11.11
200.00	10/11/2017	15:01:25	3.971	31.6	2646.402	11.11
201.00	10/11/2017	15:01:26	3.97	31.6	2646.402	11.11
Hasil Rata Rata			3.474502488	31.4189	2313.1015	10.99945274

Waktu	Water Flow	Suhu 1 (Tout udara)	Suhu 2 (Tin udara)	Suhu 3 (Tin Air)	Suhu 4 (Tout Air)
15:00:22	1.70	35	33	59	53
15:00:23	1.70	35	33	60	53
15:00:24	1.70	36	33	60	53
15:00:25	1.70	35	33	59	53
15:00:26	1.70	36	33	60	53
15:00:27	1.70	35	33	60	53
15:00:28	1.70	36	33	60	53
15:00:29	1.70	35	33	60	53
15:00:30	1.70	35	33	60	53
15:00:31	1.70	36	33	60	53
15:00:32	1.70	36	33	60	53
15:00:33	1.70	36	33	60	53
15:00:34	1.70	35	33	60	53
15:00:35	1.70	36	33	60	53
15:00:36	1.70	36	33	60	53
15:00:37	1.70	36	33	60	53
15:00:38	1.50	36	33	60	53
15:00:39	1.90	36	33	60	53
15:00:40	1.50	36	33	60	54
15:00:41	1.70	36	33	60	54
15:00:42	1.70	36	33	60	54
15:00:43	1.90	36	33	60	54
15:00:44	1.70	36	33	60	54
15:00:45	1.70	36	33	60	54
15:00:46	1.50	36	33	60	54
15:00:47	1.70	36	33	60	54
15:00:48	1.70	36	33	60	54
15:00:49	1.70	36	33	60	54
15:00:50	1.70	36	33	60	54

15:00:51	1.70	36	33	60	54
15:00:52	1.70	36	33	60	54
15:00:53	1.70	36	33	60	54
15:00:54	1.90	36	33	60	54
15:00:55	1.70	36	33	60	54
15:00:56	1.70	36	33	60	54
15:00:57	1.70	36	33	60	54
15:00:58	1.90	36	33	60	54
15:00:59	1.70	36	33	60	54
15:01:00	1.90	36	33	60	54
15:01:01	1.70	36	33	60	54
15:01:02	1.90	36	33	60	54
15:01:03	1.70	36	33	61	54
15:01:04	23.30	36	33	61	54
15:01:05	1.90	36	33	61	54
15:01:06	2.40	36	33	61	54
15:01:07	2.40	36	33	61	54
15:01:08	2.60	36	33	61	54
15:01:09	2.40	36	33	61	54
15:01:10	2.40	36	33	61	54
15:01:11	2.40	36	33	61	54
15:01:12	2.60	36	33	61	54
15:01:13	2.40	36	33	61	54
15:01:14	2.60	36	33	61	54
15:01:15	2.40	36	33	61	54
15:01:16	2.40	36	33	61	54
15:01:17	2.60	36	33	61	54
15:01:18	2.40	36	33	61	54
15:01:19	2.40	36	33	61	54
15:01:20	2.60	36	33	61	54
15:01:21	2.40	36	33	61	55
15:01:22	2.40	36	33	61	55
15:01:23	2.60	36	33	61	55
15:01:24	2.40	36	33	61	55
15:01:25	2.40	36	33	61	55
15:01:26	2.60	36	33	61	55
15:01:27	2.40	36	33	61	55
Rata Rata	2.29	35.89	33.00	60.35	53.83

#### 4. Data Arduino Percobaan 4 speed kipas 1 bukaan katup 50%

<b>Samples</b>	<b>Report</b>	<b>10/11/2017</b>	<b>15:22:57</b>			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	15:19:34	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	15:19:35	0	0	0	0
3.00	10/11/2017	15:19:36	1.657	31.4	1099.89	11.11
4.00	10/11/2017	15:19:37	2.295	31.4	1526.514	11.11
5.00	10/11/2017	15:19:38	2.296	31.4	1526.514	11.11
6.00	10/11/2017	15:19:39	2.302	31.4	1533.179	11.11
7.00	10/11/2017	15:19:40	2.47	31.4	1646.502	11.11
8.00	10/11/2017	15:19:41	2.481	31.4	1653.168	11.11
9.00	10/11/2017	15:19:42	2.487	31.4	1653.168	11.11
10.00	10/11/2017	15:19:43	2.489	31.4	1653.168	11.11
11.00	10/11/2017	15:19:44	2.49	31.4	1659.833	11.11
12.00	10/11/2017	15:19:45	2.498	31.5	1659.833	11.11
13.00	10/11/2017	15:19:46	2.503	31.5	1666.5	11.11
14.00	10/11/2017	15:19:47	2.509	31.5	1666.5	11.11
15.00	10/11/2017	15:19:48	2.515	31.5	1673.166	11.11
16.00	10/11/2017	15:19:49	2.521	31.5	1679.832	11.11
17.00	10/11/2017	15:19:50	2.188	31.5	1453.187	11.11
18.00	10/11/2017	15:19:51	2.194	31.5	1459.854	11.11
19.00	10/11/2017	15:19:52	2.525	31.5	1679.832	11.11
20.00	10/11/2017	15:19:53	2.535	31.5	1686.497	11.11
21.00	10/11/2017	15:19:54	2.544	31.5	1693.164	11.11
22.00	10/11/2017	15:19:55	2.545	31.5	1693.164	11.11
23.00	10/11/2017	15:19:56	2.544	31.5	1693.164	11.11
24.00	10/11/2017	15:19:57	2.543	31.5	1693.164	11.11
25.00	10/11/2017	15:19:58	2.545	31.6	1693.164	11.11
26.00	10/11/2017	15:19:59	2.555	31.6	1699.829	11.11
27.00	10/11/2017	15:20:00	2.752	31.5	1833.15	11.11
28.00	10/11/2017	15:20:01	2.732	31.5	1819.817	11.11
29.00	10/11/2017	15:20:02	2.551	31.5	1699.829	11.11
30.00	10/11/2017	15:20:03	2.563	31.5	1706.495	11.11
31.00	10/11/2017	15:20:04	2.573	31.5	1713.162	11.11
32.00	10/11/2017	15:20:05	2.575	31.5	1713.162	11.11
33.00	10/11/2017	15:20:06	2.576	31.5	1713.162	11.11
34.00	10/11/2017	15:20:07	2.577	31.5	1713.162	11.11
35.00	10/11/2017	15:20:08	2.518	31.5	1673.166	11.11
36.00	10/11/2017	15:20:09	2.517	31.5	1673.166	11.11
37.00	10/11/2017	15:20:10	2.118	31.6	1406.526	11.11
38.00	10/11/2017	15:20:11	2.459	31.6	1633.17	11.11
39.00	10/11/2017	15:20:12	1.781	31.6	1186.547	11.11
40.00	10/11/2017	15:20:13	1.767	31.6	1173.216	11.11



41.00	10/11/2017	15:20:14	2.091	31.5	1393.194	11.11
42.00	10/11/2017	15:20:15	2.348	31.5	1559.844	11.11
43.00	10/11/2017	15:20:16	1.885	31.5	1253.208	11.11
44.00	10/11/2017	15:20:17	2.434	31.5	1619.838	11.11
45.00	10/11/2017	15:20:18	2.598	31.5	1726.494	11.11
46.00	10/11/2017	15:20:19	2.604	31.5	1733.16	11.11
47.00	10/11/2017	15:20:20	2.598	31.5	1726.494	11.11
48.00	10/11/2017	15:20:21	1.381	31.5	919.908	11.11
49.00	10/11/2017	15:20:22	1.15	31.5	766.589	11.11
50.00	10/11/2017	15:20:23	0.836	31.6	553.278	11.11
51.00	10/11/2017	15:20:24	1.608	31.5	1066.56	11.11
52.00	10/11/2017	15:20:25	2.293	31.5	1526.514	11.11
53.00	10/11/2017	15:20:26	2.523	31.6	1679.832	11.11
54.00	10/11/2017	15:20:27	2.515	31.6	1673.166	11.11
55.00	10/11/2017	15:20:28	1.905	31.6	1266.54	11.11
56.00	10/11/2017	15:20:29	1.75	31.6	1166.55	11.11
57.00	10/11/2017	15:20:30	2.296	31.6	1526.514	11.11
58.00	10/11/2017	15:20:31	2.287	31.6	1519.847	11.11
59.00	10/11/2017	15:20:32	2.293	31.5	1526.514	11.11
60.00	10/11/2017	15:20:33	1.686	31.6	1119.888	11.11
61.00	10/11/2017	15:20:34	1.679	31.6	1113.222	11.11
62.00	10/11/2017	15:20:35	1.956	31.6	1299.869	11.11
63.00	10/11/2017	15:20:36	1.954	31.6	1299.869	11.11
64.00	10/11/2017	15:20:37	1.96	31.6	1306.535	11.11
65.00	10/11/2017	15:20:38	2.38	31.5	1586.508	11.11
66.00	10/11/2017	15:20:39	2.387	31.5	1586.508	11.11
67.00	10/11/2017	15:20:40	2.217	31.5	1473.185	11.11
68.00	10/11/2017	15:20:41	2.419	31.5	1606.506	11.11
69.00	10/11/2017	15:20:42	2.597	31.5	1726.494	11.11
70.00	10/11/2017	15:20:43	2.59	31.5	1726.494	11.11
71.00	10/11/2017	15:20:44	2.578	31.5	1713.162	11.11
72.00	10/11/2017	15:20:45	2.358	31.5	1566.51	11.11
73.00	10/11/2017	15:20:46	2.364	31.5	1573.176	11.11
74.00	10/11/2017	15:20:47	2.379	31.5	1579.841	11.11
75.00	10/11/2017	15:20:48	2.534	31.5	1686.497	11.11
76.00	10/11/2017	15:20:49	1.481	31.5	986.567	11.11
77.00	10/11/2017	15:20:50	2.107	31.5	1399.859	11.11
78.00	10/11/2017	15:20:51	2.334	31.5	1553.177	11.11
79.00	10/11/2017	15:20:52	2.334	31.5	1553.177	11.11
80.00	10/11/2017	15:20:53	2.271	31.5	1513.182	11.11
81.00	10/11/2017	15:20:54	2.013	31.5	1339.865	11.11
82.00	10/11/2017	15:20:55	2.028	31.5	1346.531	11.11
83.00	10/11/2017	15:20:56	2.535	31.5	1686.497	11.11
84.00	10/11/2017	15:20:57	2.536	31.5	1686.497	11.11
85.00	10/11/2017	15:20:58	2.534	31.5	1686.497	11.11
86.00	10/11/2017	15:20:59	2.533	31.5	1686.497	11.11

87.00	10/11/2017	15:21:00	2.24	31.5	1493.183	11.11
88.00	10/11/2017	15:21:01	2.465	31.5	1639.835	11.11
89.00	10/11/2017	15:21:02	2.466	31.5	1639.835	11.11
90.00	10/11/2017	15:21:03	2.104	31.5	1399.859	11.11
91.00	10/11/2017	15:21:04	2.43	31.5	1619.838	11.11
92.00	10/11/2017	15:21:05	2.439	31.5	1619.838	11.11
93.00	10/11/2017	15:21:06	2.449	31.5	1626.504	11.11
94.00	10/11/2017	15:21:07	2.468	31.5	1639.835	11.11
95.00	10/11/2017	15:21:08	2.516	31.5	1673.166	11.11
96.00	10/11/2017	15:21:09	2.516	31.6	1673.166	11.11
97.00	10/11/2017	15:21:10	2.098	31.6	1393.194	11.11
98.00	10/11/2017	15:21:11	2.098	31.6	1393.194	11.11
99.00	10/11/2017	15:21:12	2.532	31.5	1686.497	11.11
100.00	10/11/2017	15:21:13	2.546	31.5	1693.164	11.11
101.00	10/11/2017	15:21:14	2.744	31.5	1826.484	11.11
102.00	10/11/2017	15:21:15	2.745	31.5	1826.484	11.11
103.00	10/11/2017	15:21:16	2.757	31.5	1833.15	11.11
104.00	10/11/2017	15:21:17	2.763	31.5	1839.816	11.11
105.00	10/11/2017	15:21:18	2.77	31.5	1846.482	11.11
106.00	10/11/2017	15:21:19	2.785	31.6	1853.147	11.11
107.00	10/11/2017	15:21:20	2.796	31.6	1859.814	11.11
108.00	10/11/2017	15:21:21	2.804	31.6	1866.479	11.11
109.00	10/11/2017	15:21:22	2.479	31.6	1646.502	11.11
110.00	43019.00	0.64	2.49	31.60	1653.168	11.11
111.00	10/11/2017	15:21:24	2.657	31.6	1766.489	11.11
112.00	10/11/2017	15:21:25	2.465	31.6	1639.835	11.11
113.00	10/11/2017	15:21:26	2.455	31.6	1633.17	11.11
Hasil Rata Rata			2.305318584	30.96017699	1533.533611	10.91336283

Waktu	Water Flow	Suhu 1 (Tout udara)	Suhu 2 (Tin Udara)	Suhu 3 (Tin Air)	Suhu 4 (Tour Air)
15:19:36	0.80	36	33	59	53
15:19:37	0.60	36	33	59	52
15:19:38	0.80	36	33	59	53
15:19:39	0.60	36	33	59	53
15:19:40	0.80	36	33	59	53
15:19:41	0.60	36	33	59	53
15:19:42	0.80	36	33	59	53
15:19:43	0.80	36	33	59	53
15:19:44	0.60	36	33	59	53
15:19:45	0.60	36	33	59	53
15:19:46	0.80	36	33	59	53
15:19:47	0.60	36	33	59	53
15:19:48	0.80	36	33	59	53

15:19:49	0.80	36	33	59	53
15:19:50	0.60	36	33	59	53
15:19:51	0.80	36	33	59	53
15:19:52	0.60	36	33	59	53
15:19:53	0.60	36	33	59	53
15:19:54	0.80	36	33	59	53
15:19:55	0.80	36	33	59	53
15:19:56	0.60	36	33	59	53
15:19:57	0.60	36	33	59	53
15:19:58	0.80	36	33	59	53
15:19:59	0.60	36	33	59	53
15:20:00	0.80	36	33	59	53
15:20:01	0.80	36	33	59	53
15:20:02	0.80	36	33	59	53
15:20:03	0.60	36	33	59	53
15:20:04	0.80	36	33	59	53
15:20:05	0.80	36	33	59	53
15:20:06	0.80	36	33	59	53
15:20:07	0.80	36	33	59	53
15:20:08	0.80	36	33	59	53
15:20:09	0.80	36	33	59	53
15:20:10	0.80	36	33	59	53
15:20:11	0.60	36	33	59	53
15:20:12	0.80	36	33	59	53
15:20:13	0.80	36	33	59	53
15:20:14	0.80	36	33	59	53
15:20:15	0.80	36	33	59	53
15:20:16	0.80	36	33	59	53
15:20:17	0.80	36	33	59	53
15:20:18	0.60	36	33	59	53
15:20:20	0.80	36	33	59	53
15:20:21	1.10	36	33	59	53
15:20:22	0.60	36	33	59	53
15:20:23	0.80	36	33	59	53
15:20:24	0.80	36	33	59	53
15:20:25	1.10	36	33	59	53
15:20:26	0.60	36	33	60	53
15:20:27	0.80	36	33	60	53
15:20:28	0.80	36	33	59	53
15:20:29	0.60	36	33	60	53
15:20:30	0.80	36	33	60	53
15:20:31	0.60	36	33	60	53
15:20:33	0.80	36	33	60	53
15:20:34	0.80	36	33	60	53
15:20:34	0.80	36	33	60	53
15:20:36	0.60	36	33	60	53

15:20:36	0.80	36	33	60	53
15:20:37	0.80	36	33	60	53
15:20:39	0.80	36	33	60	53
15:20:40	0.80	36	33	60	53
15:20:41	0.80	36	33	60	53
15:20:42	0.60	36	33	60	53
15:20:43	0.80	36	33	60	53
15:20:43	0.80	36	33	60	53
15:20:45	0.80	36	33	60	53
15:20:46	0.60	36	33	60	53
15:20:47	0.80	36	33	60	53
15:20:48	0.80	36	33	60	53
15:20:49	0.80	36	33	60	53
15:20:50	0.60	36	33	60	53
15:20:51	0.80	36	33	60	53
15:20:52	0.60	36	33	60	53
15:20:53	0.80	36	33	60	53
15:20:54	0.80	36	33	60	54
15:20:55	0.60	36	33	60	54
15:20:56	0.80	36	33	60	54
15:20:57	0.60	36	33	60	54
15:20:58	0.60	36	33	60	54
15:20:59	0.60	36	33	60	54
15:21:00	0.60	36	33	60	54
15:21:01	0.60	36	33	60	54
15:21:02	0.60	36	33	60	54
15:21:03	0.60	36	33	60	54
15:21:04	0.60	36	33	60	54
15:21:05	0.60	36	33	60	54
15:21:06	0.60	36	33	60	54
15:21:07	0.60	36	33	60	54
15:21:08	0.60	36	33	60	54
15:21:09	0.60	36	33	61	54
15:21:10	30.80	36	33	61	54
15:21:11	1.30	36	33	61	54
15:21:12	1.30	36	33	61	54
15:21:13	1.30	36	33	61	54
15:21:14	1.30	36	33	61	54
15:21:15	1.50	36	33	61	54
15:21:16	1.30	36	33	61	54
15:21:17	1.30	36	33	61	54
15:21:18	1.30	36	33	61	54
15:21:19	1.30	36	33	61	54
15:21:20	1.30	36	33	61	54
15:21:21	1.30	36	33	61	54
15:21:22	1.30	36	33	61	54

15:21:23	1.50	36	33	61	54
15:21:24	1.30	36	33	61	54
15:21:25	1.30	36	33	61	54
15:21:26	1.30	36	33	61	54
Rata rata	1.09	36.00	33.00	59.71	53.29

### 5. Data Arduino Percobaan 5 speed kipas 2 bukaan katup 50%

<b>Samples</b>	<b>Report</b>	<b>10/11/2017</b>	<b>15:35:08</b>			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	15:30:02	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	15:30:02	0	0	0	0
3.00	10/11/2017	15:30:03	2.356	31.5	1566.51	11.11
4.00	10/11/2017	15:30:04	3.433	31.5	2286.437	11.11
5.00	10/11/2017	15:30:05	3.243	31.5	2159.783	11.11
6.00	10/11/2017	15:30:06	3.484	31.4	2319.768	11.11
7.00	10/11/2017	15:30:07	3.291	31.4	2193.114	11.11
8.00	10/11/2017	15:30:08	3.525	31.4	2346.432	11.11
9.00	10/11/2017	15:30:09	3.525	31.4	2346.432	11.11
10.00	10/11/2017	15:30:10	3.539	31.4	2353.097	11.11
11.00	10/11/2017	15:30:11	3.553	31.4	2366.429	11.11
12.00	10/11/2017	15:30:12	3.74	31.4	2493.083	11.11
13.00	10/11/2017	15:30:13	3.741	31.4	2493.083	11.11
14.00	10/11/2017	15:30:14	3.742	31.4	2493.083	11.11
15.00	10/11/2017	15:30:15	3.556	31.4	2366.429	11.11
16.00	10/11/2017	15:30:16	3.771	31.4	2513.082	11.11
17.00	10/11/2017	15:30:17	3.772	31.4	2513.082	11.11
18.00	10/11/2017	15:30:18	3.581	31.4	2386.427	11.11
19.00	10/11/2017	15:30:19	3.43	31.4	2286.437	11.11
20.00	10/11/2017	15:30:20	3.684	31.4	2453.088	11.11
21.00	10/11/2017	15:30:21	3.661	31.4	2439.755	11.11
22.00	10/11/2017	15:30:22	3.378	31.4	2246.441	11.11
23.00	10/11/2017	15:30:23	3.378	31.4	2246.441	11.11
24.00	10/11/2017	15:30:24	2.667	31.4	1773.156	11.11
25.00	10/11/2017	15:30:25	3.168	31.4	2106.456	11.11
26.00	10/11/2017	15:30:26	3.313	31.4	2206.446	11.11
27.00	10/11/2017	15:30:27	3.07	31.4	2046.461	11.11
28.00	10/11/2017	15:30:28	3.069	31.4	2039.796	11.11
29.00	10/11/2017	15:30:29	3.444	31.4	2293.104	11.11
30.00	10/11/2017	15:30:30	3.443	31.4	2293.104	11.11
31.00	10/11/2017	15:30:31	3.246	31.4	2159.783	11.11
32.00	10/11/2017	15:30:32	2.72	31.5	1813.151	11.11
33.00	10/11/2017	15:30:33	3.196	31.4	2126.454	11.11

34.00	10/11/2017	15:30:34	3.205	31.4	2133.12	11.11
35.00	10/11/2017	15:30:35	3.443	31.4	2293.104	11.11
36.00	10/11/2017	15:30:36	3.443	31.4	2293.104	11.11
37.00	10/11/2017	15:30:37	3.276	31.5	2179.781	11.11
38.00	10/11/2017	15:30:38	3.268	31.5	2173.115	11.11
39.00	10/11/2017	15:30:39	3.1	31.5	2066.459	11.11
40.00	10/11/2017	15:30:40	3.102	31.5	2066.459	11.11
41.00	10/11/2017	15:30:41	3.383	31.5	2253.108	11.11
42.00	10/11/2017	15:30:42	3.384	31.5	2253.108	11.11
43.00	10/11/2017	15:30:43	3.384	31.5	2253.108	11.11
44.00	10/11/2017	15:30:44	3.379	31.5	2246.441	11.11
45.00	10/11/2017	15:30:45	3.378	31.5	2246.441	11.11
46.00	10/11/2017	15:30:46	3.379	31.5	2246.441	11.11
47.00	10/11/2017	15:30:47	3.379	31.5	2246.441	11.11
48.00	10/11/2017	15:30:48	3.368	31.6	2239.776	11.11
49.00	10/11/2017	15:30:49	3.185	31.6	2119.788	11.11
50.00	10/11/2017	15:30:50	3.017	31.5	2006.465	11.11
51.00	10/11/2017	15:30:51	3.176	31.5	2113.122	11.11
52.00	10/11/2017	15:30:52	3.187	31.5	2119.788	11.11
53.00	10/11/2017	15:30:53	3.345	31.5	2226.444	11.11
54.00	10/11/2017	15:30:54	3.143	31.5	2093.124	11.11
55.00	10/11/2017	15:30:55	3.3	31.4	2199.78	11.11
56.00	10/11/2017	15:30:56	3.307	31.5	2199.78	11.11
57.00	10/11/2017	15:30:57	3.357	31.5	2233.11	11.11
58.00	10/11/2017	15:30:58	3.38	31.5	2253.108	11.11
59.00	10/11/2017	15:30:59	3.379	31.5	2246.441	11.11
60.00	10/11/2017	15:31:00	3.367	31.5	2239.776	11.11
61.00	10/11/2017	15:31:01	3.356	31.5	2233.11	11.11
62.00	10/11/2017	15:31:02	3.363	31.5	2239.776	11.11
63.00	10/11/2017	15:31:03	3.363	31.5	2239.776	11.11
64.00	10/11/2017	15:31:04	3.363	31.5	2239.776	11.11
65.00	10/11/2017	15:31:05	3.364	31.5	2239.776	11.11
66.00	10/11/2017	15:31:06	3.365	31.5	2239.776	11.11
67.00	10/11/2017	15:31:07	3.419	31.5	2273.105	11.11
68.00	10/11/2017	15:31:08	3.42	31.5	2279.771	11.11
69.00	10/11/2017	15:31:09	3.421	31.5	2279.771	11.11
70.00	10/11/2017	15:31:10	3.421	31.5	2279.771	11.11
71.00	10/11/2017	15:31:11	3.409	31.5	2266.439	11.11
72.00	10/11/2017	15:31:12	3.4	31.5	2266.439	11.11
73.00	10/11/2017	15:31:13	3.393	31.5	2259.773	11.11
74.00	10/11/2017	15:31:14	3.378	31.5	2246.441	11.11
75.00	10/11/2017	15:31:15	3.314	31.5	2206.446	11.11
76.00	10/11/2017	15:31:16	3.074	31.5	2046.461	11.11
77.00	10/11/2017	15:31:17	3.087	31.4	2053.127	11.11
78.00	10/11/2017	15:31:18	3.295	31.4	2193.114	11.11
79.00	10/11/2017	15:31:19	3.285	31.4	2186.447	11.11

80.00	10/11/2017	15:31:20	3.134	31.4	2086.458	11.11
81.00	10/11/2017	15:31:21	3.32	31.4	2213.112	11.11
82.00	10/11/2017	15:31:22	3.32	31.4	2213.112	11.11
83.00	10/11/2017	15:31:23	3.321	31.4	2213.112	11.11
84.00	10/11/2017	15:31:24	3.321	31.4	2213.112	11.11
85.00	10/11/2017	15:31:25	3.337	31.4	2219.778	11.11
86.00	10/11/2017	15:31:26	3.337	31.4	2219.778	11.11
87.00	10/11/2017	15:31:27	3.348	31.4	2226.444	11.11
88.00	10/11/2017	15:31:28	3.357	31.4	2233.11	11.11
89.00	10/11/2017	15:31:29	3.363	31.4	2239.776	11.11
90.00	10/11/2017	15:31:30	3.369	31.4	2239.776	11.11
91.00	10/11/2017	15:31:31	3.375	31.5	2246.441	11.11
92.00	10/11/2017	15:31:32	3.363	31.5	2239.776	11.11
93.00	10/11/2017	15:31:33	3.363	31.5	2239.776	11.11
94.00	10/11/2017	15:31:34	3.075	31.5	2046.461	11.11
95.00	10/11/2017	15:31:35	3.233	31.4	2153.117	11.11
96.00	43019.00	0.65	3.24	31.40	2159.783	11.11
97.00	10/11/2017	15:31:37	3.254	31.5	2166.45	11.11
98.00	10/11/2017	15:31:38	3.071	31.5	2046.461	11.11
99.00	10/11/2017	15:31:39	2.592	31.5	1726.494	11.11
100.00	10/11/2017	15:31:40	2.846	31.5	1893.144	11.11
101.00	10/11/2017	15:31:41	3.058	31.5	2033.13	11.11
102.00	10/11/2017	15:31:42	3.242	31.5	2159.783	11.11
103.00	10/11/2017	15:31:43	2.948	31.5	1959.803	11.11
104.00	10/11/2017	15:31:44	3.135	31.5	2086.458	11.11
105.00	10/11/2017	15:31:45	2.884	31.5	1919.807	11.11
106.00	10/11/2017	15:31:46	2.884	31.5	1919.807	11.11
107.00	10/11/2017	15:31:47	2.01	31.6	1339.865	11.11
108.00	10/11/2017	15:31:48	2.725	31.6	1813.151	11.11
109.00	10/11/2017	15:31:49	2.21	31.6	1473.185	11.11
110.00	10/11/2017	15:31:50	2.216	31.6	1473.185	11.11
111.00	10/11/2017	15:31:51	3.22	31.5	2146.452	11.11
112.00	10/11/2017	15:31:52	3.437	31.5	2286.437	11.11
113.00	10/11/2017	15:31:53	3.444	31.5	2293.104	11.11
114.00	10/11/2017	15:31:54	3.446	31.5	2293.104	11.11
115.00	10/11/2017	15:31:55	3.447	31.4	2293.104	11.11
116.00	10/11/2017	15:31:56	3.437	31.4	2286.437	11.11
117.00	10/11/2017	15:31:57	3.425	31.4	2279.771	11.11
118.00	10/11/2017	15:31:58	3.424	31.4	2279.771	11.11
119.00	10/11/2017	15:31:59	3.423	31.4	2279.771	11.11
120.00	10/11/2017	15:32:00	3.235	31.4	2153.117	11.11
121.00	10/11/2017	15:32:01	3.255	31.4	2166.45	11.11
122.00	10/11/2017	15:32:02	3.255	31.4	2166.45	11.11
123.00	10/11/2017	15:32:03	2.444	31.4	1626.504	11.11
124.00	10/11/2017	15:32:04	2.432	31.4	1619.838	11.11
125.00	10/11/2017	15:32:05	1.876	31.4	1246.541	11.11

126.00	10/11/2017	15:32:06	2.742	31.4	1826.484	11.11
127.00	10/11/2017	15:32:07	2.895	31.4	1926.473	11.11
128.00	10/11/2017	15:32:08	3.099	31.4	2059.794	11.11
129.00	10/11/2017	15:32:09	3.099	31.4	2059.794	11.11
130.00	10/11/2017	15:32:10	2.917	31.4	1939.806	11.11
131.00	10/11/2017	15:32:11	2.933	31.4	1953.138	11.11
132.00	10/11/2017	15:32:12	3.183	31.4	2119.788	11.11
133.00	10/11/2017	15:32:13	3.177	31.4	2113.122	11.11
134.00	10/11/2017	15:32:14	3.177	31.4	2113.122	11.11
135.00	10/11/2017	15:32:15	3.338	31.4	2219.778	11.11
136.00	10/11/2017	15:32:16	3.345	31.4	2226.444	11.11
137.00	10/11/2017	15:32:17	2.881	31.4	1919.807	11.11
138.00	10/11/2017	15:32:18	2.659	31.4	1766.489	11.11
139.00	10/11/2017	15:32:19	2.477	31.4	1646.502	11.11
140.00	10/11/2017	15:32:20	3.07	31.4	2046.461	11.11
141.00	10/11/2017	15:32:21	2.754	31.4	1833.15	11.11
142.00	10/11/2017	15:32:22	1.908	31.5	1266.54	11.11
143.00	10/11/2017	15:32:23	2.321	31.5	1546.512	11.11
144.00	10/11/2017	15:32:24	2.33	31.5	1553.177	11.11
145.00	10/11/2017	15:32:25	2.97	31.5	1979.802	11.11
146.00	10/11/2017	15:32:26	3.271	31.4	2179.781	11.11
147.00	10/11/2017	15:32:28	3.282	31.4	2186.447	11.11
148.00	10/11/2017	15:32:28	3.116	31.4	2073.125	11.11
149.00	10/11/2017	15:32:29	3.284	31.4	2186.447	11.11
150.00	10/11/2017	15:32:30	3.437	31.4	2286.437	11.11
151.00	10/11/2017	15:32:31	3.15	31.4	2099.79	11.11
152.00	10/11/2017	15:32:33	2.65	31.4	1766.489	11.11
153.00	10/11/2017	15:32:33	3.184	31.4	2119.788	11.11
154.00	10/11/2017	15:32:34	3.185	31.4	2119.788	11.11
155.00	10/11/2017	15:32:35	3.185	31.4	2119.788	11.11
156.00	10/11/2017	15:32:36	3.383	31.4	2253.108	11.11
157.00	10/11/2017	15:32:37	3.373	31.4	2246.441	11.11
158.00	10/11/2017	15:32:38	3.373	31.4	2246.441	11.11
159.00	10/11/2017	15:32:39	3.378	31.4	2246.441	11.11
160.00	10/11/2017	15:32:40	3.38	31.4	2253.108	11.11
161.00	10/11/2017	15:32:41	3.182	31.4	2119.788	11.11
162.00	10/11/2017	15:32:42	3.766	31.4	2506.416	11.11
163.00	10/11/2017	15:32:43	3.773	31.4	2513.082	11.11
164.00	10/11/2017	15:32:44	3.772	31.4	2513.082	11.11
165.00	10/11/2017	15:32:45	3.772	31.4	2513.082	11.11
166.00	10/11/2017	15:32:46	3.771	31.4	2513.082	11.11
167.00	10/11/2017	15:32:47	3.777	31.4	2513.082	11.11
168.00	10/11/2017	15:32:48	3.779	31.4	2513.082	11.11
169.00	10/11/2017	15:32:49	3.78	31.3	2519.748	11.11
170.00	10/11/2017	15:32:50	3.78	31.4	2519.748	11.11
171.00	10/11/2017	15:32:51	3.781	31.4	2519.748	11.11



172.00	10/11/2017	15:32:52	3.509	31.4	2333.1	11.11
173.00	10/11/2017	15:32:53	3.521	31.4	2346.432	11.11
174.00	10/11/2017	15:32:54	3.74	31.4	2493.083	11.11
175.00	10/11/2017	15:32:55	3.74	31.4	2493.083	11.11
176.00	10/11/2017	15:32:56	3.698	31.5	2459.753	11.11
177.00	10/11/2017	15:32:57	3.887	31.5	2586.407	11.11
Rata Rata			3.212474576	31.08813559	2138.655746	10.98446328

Waktu	Water Flow	Suhu 1 (Tout udara)	Suhu 2 (Tin udara)	Suhu 3 (Tin Air)	Suhu 4 (Tout Air)
15:31:22	1.70	35	33	59	52
15:31:23	2.60	35	33	59	52
15:31:24	2.60	35	33	59	51
15:31:25	2.40	35	33	59	52
15:31:26	2.40	35	33	59	52
15:31:27	2.60	35	33	59	52
15:31:28	2.40	35	33	59	52
15:31:29	2.40	35	33	59	52
15:31:30	2.40	35	33	59	52
15:31:31	2.60	35	33	59	52
15:31:32	2.20	35	33	59	52
15:31:33	2.40	35	33	59	52
15:31:34	2.40	35	33	59	52
15:31:35	2.20	35	33	59	52
15:31:36	2.60	35	33	59	52
15:31:37	2.40	35	33	59	52
15:31:38	2.40	35	33	59	52
15:31:39	2.40	35	33	59	52
15:31:40	2.20	35	33	59	52
15:31:41	2.60	35	33	59	52
15:31:42	2.40	35	33	59	52
15:31:43	2.40	35	33	59	52
15:31:44	2.40	35	33	59	53
15:31:45	2.40	35	33	59	53
15:31:46	2.40	35	33	59	53
15:31:47	2.40	35	33	59	53
15:31:48	2.40	35	33	59	53
15:31:49	2.20	35	33	59	53
15:31:50	2.40	35	33	59	53
15:31:51	2.40	35	33	59	53
15:31:52	2.40	35	33	59	53
15:31:53	2.40	35	33	59	53
15:31:54	2.40	35	33	60	53
15:31:55	2.40	35	33	59	53

15:31:56	2.40	35	33	60	53
15:31:57	1.70	35	33	60	53
15:31:58	1.30	35	33	60	53
15:31:59	0.80	35	33	60	53
15:32:00	0.20	35	33	60	53
15:32:01	0.00	35	33	60	53
15:32:02	0.00	35	33	60	53
15:32:03	0.00	35	33	60	53
15:32:04	0.00	35	33	60	53
15:32:05	0.60	35	33	60	53
15:32:06	0.80	35	33	60	54
15:32:07	1.50	35	33	60	54
15:32:08	1.70	35	33	60	53
15:32:09	1.70	35	33	60	54
15:32:10	1.70	35	33	60	54
15:32:11	1.70	35	33	60	54
15:32:12	1.70	35	33	60	54
15:32:13	1.70	35	33	60	54
15:32:14	1.70	35	33	60	54
15:32:15	1.70	35	33	60	54
15:32:16	1.90	35	33	60	54
15:32:17	1.90	35	33	60	53
15:32:18	1.70	35	33	60	53
15:32:19	1.90	35	33	60	54
15:32:20	1.70	35	33	60	54
15:32:21	1.90	35	33	60	54
15:32:22	1.70	35	33	60	53
15:32:23	1.90	35	33	60	53
15:32:24	1.70	35	33	60	54
15:32:25	1.90	35	33	60	54
15:32:26	1.90	35	33	60	54
15:32:27	1.70	35	33	60	53
15:32:29	1.90	35	33	60	54
15:32:29	1.70	35	33	60	54
15:32:30	1.70	35	33	60	54
15:32:31	1.90	35	33	60	54
15:32:32	1.90	35	33	60	54
15:32:33	1.70	35	33	60	54
15:32:34	1.90	35	33	61	54
15:32:35	18.60	35	33	61	54
15:32:36	2.40	35	33	61	54
15:32:37	2.40	35	33	61	54
15:32:38	2.40	35	33	61	54
15:32:39	2.60	35	33	61	54
15:32:40	2.40	35	33	61	54
15:32:41	2.40	35	33	61	54

15:32:42	2.40	35	33	61	54
15:32:43	2.60	35	33	61	54
15:32:44	2.40	35	33	61	54
15:32:45	2.40	35	33	61	54
15:32:46	2.60	35	33	61	54
15:32:47	2.40	35	33	61	54
15:32:48	2.40	35	33	61	54
15:32:49	2.60	35	33	61	54
15:32:50	2.40	35	33	61	54
15:32:51	2.40	35	33	61	54
15:32:52	2.60	35	33	61	54
15:32:53	2.40	35	33	61	54
15:32:54	2.40	35	33	61	54
15:32:55	2.20	35	33	61	54
15:32:56	2.60	35	33	61	55
15:32:57	2.20	35	33	61	55
Rata Rata	2.20	35.00	33.00	59.91	53.26

## 6. Data Arduino Percobaan 6 speed kipas 3 bukaan katup 50%

<b>Samples</b>	<b>Report</b>	<b>10/11/2017</b>	<b>15:45:59</b>			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(°C)	FLOW(CMM)	AREA(m2)
1.00	10/11/2017	15:42:19	0	0	0	0
2.00	10/11/2017	15:42:20	0	0	0	0
3.00	10/11/2017	15:42:21	2.346	31.6	1559.844	11.11
4.00	10/11/2017	15:42:22	3.367	31.6	2239.776	11.11
5.00	10/11/2017	15:42:23	3.602	31.6	2399.76	11.11
6.00	10/11/2017	15:42:24	3.607	31.6	2399.76	11.11
7.00	10/11/2017	15:42:25	3.594	31.6	2393.093	11.11
8.00	10/11/2017	15:42:26	3.16	31.6	2106.456	11.11
9.00	10/11/2017	15:42:27	3.34	31.6	2226.444	11.11
10.00	10/11/2017	15:42:28	3.34	31.6	2226.444	11.11
11.00	10/11/2017	15:42:29	2.865	31.6	1906.476	11.11
12.00	10/11/2017	15:42:30	3.311	31.6	2206.446	11.11
13.00	10/11/2017	15:42:31	3.309	31.6	2199.78	11.11
14.00	10/11/2017	15:42:32	3.309	31.6	2199.78	11.11
15.00	10/11/2017	15:42:33	3.531	31.6	2353.097	11.11
16.00	10/11/2017	15:42:34	3.549	31.6	2359.764	11.11
17.00	10/11/2017	15:42:35	3.239	31.6	2153.117	11.11
18.00	10/11/2017	15:42:36	3.239	31.6	2153.117	11.11
19.00	10/11/2017	15:42:37	2.915	31.6	1939.806	11.11
20.00	10/11/2017	15:42:38	3.406	31.6	2266.439	11.11
21.00	10/11/2017	15:42:39	3.574	31.6	2379.761	11.11

22.00	10/11/2017	15:42:40	3.574	31.6	2379.761	11.11
23.00	10/11/2017	15:42:41	3.58	31.6	2386.427	11.11
24.00	10/11/2017	15:42:42	3.582	31.6	2386.427	11.11
25.00	10/11/2017	15:42:43	3.573	31.7	2379.761	11.11
26.00	10/11/2017	15:42:44	3.579	31.7	2379.761	11.11
27.00	10/11/2017	15:42:45	3.242	31.7	2159.783	11.11
28.00	10/11/2017	15:42:46	3.241	31.7	2159.783	11.11
29.00	10/11/2017	15:42:47	3.459	31.7	2299.77	11.11
30.00	10/11/2017	15:42:48	3.633	31.7	2419.758	11.11
31.00	10/11/2017	15:42:49	3.624	31.7	2413.092	11.11
32.00	10/11/2017	15:42:50	3.623	31.7	2413.092	11.11
33.00	10/11/2017	15:42:51	3.615	31.7	2406.426	11.11
34.00	10/11/2017	15:42:52	3.614	31.7	2406.426	11.11
35.00	10/11/2017	15:42:53	3.37	31.6	2246.441	11.11
36.00	10/11/2017	15:42:54	3.548	31.6	2359.764	11.11
37.00	10/11/2017	15:42:55	3.553	31.6	2366.429	11.11
38.00	10/11/2017	15:42:56	3.565	31.6	2373.095	11.11
39.00	10/11/2017	15:42:57	3.726	31.6	2479.751	11.11
40.00	10/11/2017	15:42:58	3.732	31.6	2486.417	11.11
41.00	10/11/2017	15:42:59	3.24	31.6	2159.783	11.11
42.00	10/11/2017	15:43:00	3.09	31.6	2059.794	11.11
43.00	10/11/2017	15:43:01	3.091	31.6	2059.794	11.11
44.00	10/11/2017	15:43:02	2.986	31.6	1986.467	11.11
45.00	10/11/2017	15:43:03	3.78	31.6	2519.748	11.11
46.00	10/11/2017	15:43:04	3.592	31.6	2393.093	11.11
47.00	10/11/2017	15:43:05	3.586	31.6	2386.427	11.11
48.00	10/11/2017	15:43:06	3.587	31.6	2386.427	11.11
49.00	10/11/2017	15:43:07	3.586	31.6	2386.427	11.11
50.00	10/11/2017	15:43:08	3.586	31.6	2386.427	11.11
51.00	10/11/2017	15:43:09	3.581	31.7	2386.427	11.11
52.00	10/11/2017	15:43:10	3.429	31.7	2279.771	11.11
53.00	10/11/2017	15:43:11	3.443	31.7	2293.104	11.11
54.00	10/11/2017	15:43:12	3.683	31.7	2453.088	11.11
55.00	10/11/2017	15:43:13	3.213	31.7	2139.785	11.11
56.00	10/11/2017	15:43:14	3.208	31.7	2133.12	11.11
57.00	10/11/2017	15:43:15	3.36	31.7	2239.776	11.11
58.00	10/11/2017	15:43:16	3.228	31.7	2146.452	11.11
59.00	10/11/2017	15:43:17	3.481	31.7	2319.768	11.11
60.00	10/11/2017	15:43:18	3.487	31.7	2319.768	11.11
61.00	10/11/2017	15:43:19	3.501	31.7	2333.1	11.11
62.00	10/11/2017	15:43:20	3.517	31.7	2339.766	11.11
63.00	10/11/2017	15:43:21	3.525	31.7	2346.432	11.11
64.00	10/11/2017	15:43:22	3.531	31.7	2353.097	11.11
65.00	10/11/2017	15:43:23	3.542	31.7	2359.764	11.11
66.00	10/11/2017	15:43:24	3.704	31.7	2466.419	11.11
67.00	10/11/2017	15:43:25	3.473	31.7	2313.102	11.11

68.00	10/11/2017	15:43:26	3.485	31.7	2319.768	11.11
69.00	10/11/2017	15:43:27	3.486	31.7	2319.768	11.11
70.00	10/11/2017	15:43:28	3.487	31.7	2319.768	11.11
71.00	10/11/2017	15:43:29	3.655	31.7	2433.09	11.11
72.00	10/11/2017	15:43:30	3.654	31.7	2433.09	11.11
73.00	10/11/2017	15:43:31	3.655	31.7	2433.09	11.11
74.00	10/11/2017	15:43:32	3.64	31.7	2426.424	11.11
75.00	10/11/2017	15:43:33	3.639	31.8	2419.758	11.11
76.00	10/11/2017	15:43:34	3.421	31.8	2279.771	11.11
77.00	10/11/2017	15:43:35	3.186	31.8	2119.788	11.11
78.00	10/11/2017	15:43:36	3.393	31.8	2259.773	11.11
79.00	10/11/2017	15:43:37	3.574	31.8	2379.761	11.11
80.00	10/11/2017	15:43:38	3.278	31.8	2179.781	11.11
81.00	10/11/2017	15:43:39	3.291	31.8	2193.114	11.11
82.00	10/11/2017	15:43:40	3.537	31.8	2353.097	11.11
83.00	10/11/2017	15:43:41	3.536	31.7	2353.097	11.11
84.00	10/11/2017	15:43:42	3.537	31.7	2353.097	11.11
85.00	10/11/2017	15:43:43	3.509	31.7	2333.1	11.11
86.00	10/11/2017	15:43:44	3.507	31.7	2333.1	11.11
87.00	10/11/2017	15:43:45	3.521	31.7	2346.432	11.11
88.00	10/11/2017	15:43:46	3.507	31.7	2333.1	11.11
89.00	10/11/2017	15:43:47	3.517	31.7	2339.766	11.11
90.00	10/11/2017	15:43:48	3.492	31.8	2326.434	11.11
91.00	10/11/2017	15:43:49	3.669	31.7	2439.755	11.11
92.00	10/11/2017	15:43:50	3.992	31.8	2659.733	11.11
93.00	10/11/2017	15:43:51	3.991	31.8	2659.733	11.11
94.00	10/11/2017	15:43:52	3.984	31.8	2653.067	11.11
95.00	10/11/2017	15:43:53	3.775	31.8	2513.082	11.11
96.00	10/11/2017	15:43:54	3.776	31.8	2513.082	11.11
97.00	10/11/2017	15:43:55	3.768	31.8	2506.416	11.11
98.00	10/11/2017	15:43:56	3.762	31.8	2506.416	11.11
99.00	10/11/2017	15:43:57	3.712	31.8	2473.086	11.11
100.00	10/11/2017	15:43:58	3.727	31.8	2479.751	11.11
101.00	43019.00	0.66	3.46	31.80	2299.77	11.11
102.00	10/11/2017	15:44:00	3.47	31.8	2313.102	11.11
103.00	10/11/2017	15:44:01	3.837	31.8	2553.078	11.11
104.00	10/11/2017	15:44:02	3.628	31.8	2413.092	11.11
Hasil Rata Rata			3.424230769	31.075	2279.7075	10.89634615

Waktu	Water Flow	Suhu 1 (Tout Udara)	Suhu 2 (Tin Udara)	Suhu 3 (Tin Air)	Suhu 4 (Tout Air)
15:42:20	1.50	35	33	59	52
15:42:21	1.70	35	33	59	52
15:42:22	1.70	35	33	59	52

15:42:23	1.70	35	33	59	52
15:42:24	1.50	35	33	59	52
15:42:25	1.70	35	33	59	52
15:42:26	1.70	35	33	59	52
15:42:27	1.70	35	33	59	52
15:42:28	1.50	35	33	59	52
15:42:29	1.70	35	33	59	52
15:42:30	1.70	35	33	59	52
15:42:31	1.70	35	33	59	52
15:42:32	1.70	35	33	59	52
15:42:33	1.70	35	33	59	52
15:42:34	1.50	35	33	59	52
15:42:35	1.70	35	33	59	52
15:42:36	1.70	35	33	59	52
15:42:37	1.70	35	33	59	52
15:42:38	1.50	35	33	59	52
15:42:39	1.70	35	33	59	52
15:42:40	1.70	35	33	59	52
15:42:42	1.70	35	33	59	52
15:42:43	1.50	35	33	59	52
15:42:43	1.70	35	33	59	52
15:42:44	1.50	35	33	59	53
15:42:45	1.70	35	33	59	53
15:42:46	1.70	35	33	59	53
15:42:47	1.70	35	33	59	53
15:42:49	1.50	35	33	59	53
15:42:50	1.70	35	33	59	53
15:42:51	1.70	35	33	59	53
15:42:52	1.70	35	33	59	53
15:42:53	1.50	35	33	59	53
15:42:54	1.70	35	33	59	53
15:42:55	1.70	35	33	60	53
15:42:56	1.70	35	33	60	53
15:42:57	1.50	35	33	60	53
15:42:58	1.70	35	33	60	53
15:42:59	1.70	35	33	60	53
15:43:00	1.50	35	33	60	53
15:43:01	1.70	35	33	60	53
15:43:02	1.70	35	33	60	53
15:43:03	1.50	35	33	60	53
15:43:04	1.70	35	33	60	53
15:43:05	1.70	35	33	60	53
15:43:06	1.70	35	33	60	53
15:43:07	1.50	35	33	60	53
15:43:08	1.70	35	33	60	53
15:43:09	1.70	35	33	60	53

15:43:10	1.50	35	33	60	53
15:43:11	1.70	35	33	60	53
15:43:12	1.70	35	33	60	53
15:43:13	1.70	35	33	60	53
15:43:14	1.70	35	33	60	53
15:43:15	1.50	35	33	60	53
15:43:16	1.70	35	33	60	53
15:43:17	1.70	35	33	60	53
15:43:18	1.70	35	33	60	53
15:43:19	1.70	35	33	60	53
15:43:20	1.70	35	33	60	53
15:43:21	1.70	35	33	60	53
15:43:22	1.70	35	33	60	53
15:43:23	1.70	35	33	60	54
15:43:24	1.70	35	33	60	53
15:43:25	1.70	35	33	60	54
15:43:26	1.70	35	33	60	54
15:43:27	1.50	35	33	60	54
15:43:28	1.70	35	33	60	54
15:43:29	1.70	35	33	60	54
15:43:30	1.70	35	33	60	54
15:43:31	1.70	35	33	60	54
15:43:32	1.70	35	33	60	54
15:43:33	1.70	35	33	60	54
15:43:34	1.70	35	33	60	54
15:43:35	1.50	35	33	60	54
15:43:36	1.70	35	33	60	54
15:43:37	1.70	35	33	60	54
15:43:38	1.70	35	33	60	54
15:43:39	1.70	35	33	60	54
15:43:40	1.70	35	33	60	54
15:43:41	1.70	35	33	60	54
15:43:42	1.50	35	33	60	54
15:43:43	1.70	35	33	61	54
15:43:44	9.90	35	33	60	54
15:43:45	29.90	35	33	61	54
15:43:46	9.10	36	33	61	54
15:43:47	2.40	35	33	61	54
15:43:48	2.20	35	33	61	54
15:43:49	2.40	35	33	61	54
15:43:50	2.40	36	33	61	54
15:43:51	2.40	35	33	61	54
15:43:52	2.40	35	33	61	54
15:43:53	2.40	36	33	61	54
15:43:54	2.40	36	33	61	54
15:43:55	2.40	36	33	61	54

15:43:56	2.20	36	33	61	54
15:43:57	2.40	36	33	61	54
15:43:58	2.40	36	33	61	54
15:43:59	2.40	36	33	61	54
15:44:00	2.40	36	33	61	54
15:44:01	2.40	36	33	61	54
Rata Rata	2.20	35.11	33.00	59.84	53.14



Data rata-rata hasil pengujian alat penukar kalor

No.	Waktu (s)	Speed Kipas	Bukaan katup (%)	Water Flow (l/min)	T udara in (°C)	T udara out (°C)	T air in (°C)	T air out (°C)	Velocity udara (m/s)	T udara rata-rata (°C)	T air rata-rata (°C)	Δt udara (°C)	Δt air (°C)	m udara (Kg/s)	m air (Kg/s)
1	60	1	100	2,98	33	34,56	60,88	51,3	3,22	33,78	56,09	1,56	9,58	0,000468698	0,36002842
2	60	2	100	2,08	33	34,42	60	51,84	3,32	33,71	55,92	1,42	8,16	0,000483366	0,251313726
3	60	3	100	2,29	33	35,89	60,35	53,83	3,47	34,45	57,09	2,89	6,52	0,000503969	0,276544891
4	60	1	50	1,09	33	36	59,71	53,29	2,3	34,50	56,50	3,00	6,42	0,000333988	0,131630537
5	60	2	50	2,2	33	35	59,91	53,26	2,21	34,00	56,59	2,00	6,65	0,00032145	0,265734554
6	60	3	50	2,2	33	35,11	59,84	53,14	3,42	34,06	56,49	2,11	6,70	0,000497349	0,265746202

Udara					Air									
ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/Kg.°C)	μ (Kg/m.s)	k (W/m.°C)	Pr	ρ (Kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/Kg.°C)	μ (Kg/m.s)	k (W/m.°C)	Pr	Dh udara (m)	Dh air (m)	A udara (m <sup>2</sup> )	A air (m <sup>2</sup> )	
1,15	1007	0,00001895	0,02625	0,7268	984,9877698	4179	0,000500536	0,650483813	3,213938849	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	
1,149902	1007	1,88907E-05	0,02615454	0,026155	985,0611511	4179	0,00050182	0,650330935	3,222805755	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	
1,14709	1007	1,89247E-05	0,0262093	0,026209	984,5561151	4179	0,000492982	0,650330935	3,222805755	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	
1,1469	1007	0,000018927	0,026213	0,026213	984,5561151	4179	0,000497439	0,651383094	3,222805755	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	
1,1488	1007	0,000018904	0,026176	0,026176	984,7719424	4179	0,000496759	0,650933453	3,187859712	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	
1,148572	1007	1,89068E-05	0,02618044	0,727063	984,8151079	4179	0,000497514	0,650843525	3,19307554	0,0127	0,0125	0,000127	0,000123	

Reu	Rea	Nua	Nuu	ha (W/m <sup>2</sup> .°C)	hu (W/m <sup>2</sup> .°C)	A (m <sup>2</sup> )	G (Kg.m <sup>2</sup> /s)	Δh (m)	ΔP (Pa)
2480,908	9960,494	57,96523	32,38876	1646,526	33,47263	0,000506	0,925457	0,001	0,011278
2566,584	6935,017	43,43697	10,86366	1233,555	11,18638	0,000506	0,954419	0,001	0,011281
2671,171	7768,085	47,56337	11,07547	1350,739	11,42836	0,000506	0,995101	0,001	0,011253
1770,008	3664,345	26,07465	9,143155	741,6851	9,435808	0,000506	0,659468	0,001	0,011251
1705,637	7407,671	45,59034	8,98244	1295,907	9,256864	0,000506	0,634712	0,001	0,01127
2638,584	7396,748	45,56634	33,33626	1295,046	34,36055	0,000506	0,982029	0,001	0,011267

fu	U	q udara (watt)	q air (watt)	ΔT LMTD (°C)	debit air	Vair (m <sup>3</sup> /s)	f	Efektifitas (e)
0,007569	266,2856	0,736287	14413,67	21,83849033	4,96667E-05	0,40492569	0,007569	6,141025641
0,00712	249,7131	0,691184	8569,959	21,86127066	3,46667E-05	0,282632696	0,00712	5,746478873
0,006518	519,1005	1,466667	7535,041	22,31530557	3,81667E-05	0,311167728	0,006518	2,256055363
0,014836	367,9191	1,008977	3531,539	21,6596673	1,81667E-05	0,148110403	0,014836	2,14
0,016068	229,2298	0,647401	7384,856	22,30616966	3,66667E-05	0,298938429	0,016068	3,325
0,00671	376,9177	1,056753	7440,708	22,14367488	3,66667E-05	0,298938429	0,00671	3,17535545

No	T rata-rata udara					
	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
1	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
	33.78	1.149636	1007	0.00001895	0.02625	0.7268
	35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268

2	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
33.71	1.149902	1007	1.88907E-05	0.026155	0.726313	
35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268	

3	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
34.45	1.14709	1007	1.89247E-05	0.026209	0.726954	
35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268	

4	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
34.5	1.1469	1007	0.000018927	0.026213	0.72694	
35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268	

5	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
34	1.1488	1007	0.000018904	0.026176	0.72708	
35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268	

6	T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
	30	1.164	1007	0.00001872	0.02588	0.7282
34.06	1.148572	1007	1.89068E-05	0.02618	0.727063	
35	1.145	1007	0.00001895	0.02625	0.7268	

No		T rata-rata air					
		T	$\rho$	Cp	$\mu$	k	Pr
1		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		56.09	984.9878	4179	0.000500536	0.650483813	3.213938849
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01
2		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		55.92	985.0612	4179	0.00050182	0.650330935	3.222805755
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01
3		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		57.09	984.5561	4179	0.000492982	0.650330935	3.222805755
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01
4		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		56.5	984.5561	4179	0.000497439	0.651383094	3.222805755
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01
5		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		56.59	984.7719	4179	0.000496759	0.650933453	3.187859712
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01
6		54.44	985.7	4179	0.000513	0.649	3.3
		56.49	984.8151	4179	0.000497514	0.650843525	3.19307554
		60	983.3	4179	0.000471	0.654	3.01

**Table A-9** | Properties of water (saturated liquid).<sup>†</sup>

Note: $Gr_x Pr = \left( \frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$							
°F	°C	$c_p$ kJ/kg · °C	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\mu$ kg/m · s	$k$ W/m · °C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ 1/m <sup>3</sup> · °C
32	0	4.225	999.8	$1.79 \times 10^{-3}$	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	$1.91 \times 10^9$
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	$6.34 \times 10^9$
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	$1.08 \times 10^{10}$
70	21.11	4.179	997.4	$9.8 \times 10^{-4}$	0.604	6.78	$1.46 \times 10^{10}$
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	$1.91 \times 10^{10}$
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	$2.48 \times 10^{10}$
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	$3.3 \times 10^{10}$
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	$4.19 \times 10^{10}$
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	$4.89 \times 10^{10}$
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	$5.66 \times 10^{10}$
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	$6.48 \times 10^{10}$
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	$7.62 \times 10^{10}$
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	$8.84 \times 10^{10}$
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	$9.85 \times 10^{10}$
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	$1.09 \times 10^{11}$
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	$9.51 \times 10^{-5}$			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

<sup>†</sup>Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, *Introduction to Heat Transfer*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1958.

**TABLE A-15**

Properties of air at 1 atm pressure

Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat $c_p, \text{J/kg}\cdot\text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m}\cdot\text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m}\cdot\text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Note: For ideal gases, the properties  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$ , and Pr are independent of pressure. The properties  $\rho$ ,  $\nu$ , and  $\alpha$  at a pressure  $P$  (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of  $\rho$  at the given temperature by  $P$  and by dividing  $\nu$  and  $\alpha$  by  $P$ .

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

## CURRICULUM VITAE



### **A. DATA PRIBADI**

1. Nama : DEDDY SETIAWAN
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Kisaran, 28 September 1993
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 173 cm / 80 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Jln. Pamah Komp. GSR No.18 B Delitua
9. No. Hp : +6285262453390
10. Email : [Setiawandeddy@gmail.com](mailto:Setiawandeddy@gmail.com)

### **B. Riwayat Pendidikan**

1. 1999 – 2005 : Lulus SD Negeri 014682 Kisaran
2. 2005 – 2008 : Lulus MTS Al-ma'shum Kisaran
3. 2008 – 2011 : Lulus SMK Negri 1 Setia Janji
4. 2013 – 2018 : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1