

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
RANCANG BANGUN ALAT PENUKAR KALOR
MODEL *FIN-TUBE*

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

Disusun oleh :

NAMA : FIKI HANAFI LUBIS

NPM :1307230276



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Fiki Hanafi Lubis
 Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 07 Januari 1995
 NPM : 1307230276
 Bidang Konsentrasi : Manufaktur
 Program Studi : Teknik Mesin
 Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

"KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR RANCANG BANGUN ALAT PENUKAR KALOR MODEL *FIN-TUBE*"

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 ke tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaannya 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, 10 Maret 2018
 Saya yang menyatakan,



Fiki Hanafi Lubis

ABSTRAK

Compact *heat exchanger* merupakan salah satu tipe dari alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang memiliki luasa 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*. Pada studi *fin and tube heat exchanger* ini, menggunakan 49 fin dengan dimensi 350mm x 350mm untuk penyusunan tube *inline* dan 350mm x 350 untuk penyusunan tube stragerred, serta menggunakan 25 tube dengan diameter 12,7mm dan panjang 120mm. Dari hasil studi ini dapat diketahui bahwa bahwa *fin and tube heat exchanger* dengan susunan tube stragerred memiliki koefisien perpindahan panas menyeluruh yang baik di bandingkan dengan susunan *tube inline*.

Kata Kunci : Rancang Bangun, Alat Penukar Kalor, Model, Fin-Tube

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 **“Rancang Bangun Alat Penukar Kalor Model *Fin-Tube*”**.

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 Burhanuddin Lubis, Ibunda Fitrawati Tanjung, dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik serta selalu memberikan Suport dan doa yang tulus , ikhlas, dengan penuh kasih sayang, nasehat dan kerja keras kalian anak mu ini sampai ke titik ini, 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 Ir. H. Batu Mahadi Siregar, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan serta perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat selesai dengan baik.

6. 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.
7. Bapak Affandi, S.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terima kasih kepada Dra.Hj. Nurhaida Hafni lubis yang telah banyak membantu membiayakan kuliah sampai tamat wisuda.
10. Terima kasih juga buat keluarga besar bou nita yang telah membantu dan memberikan masukan kepada saya sampai saat ini
11. Orang tua dari Hendra Saputra yang telah banyak membantu dan menyediakan tempat untuk pembuatan alat tugas sarjana ini.
12. Rekan rekan seperjuangan Deddy Setiawan,DwiSeptian,Hendra Saputa, Azhari Agustian Munthe,Yang selalu mensupport satu sama lain dan bekerja keras hingga terealisasinya tugas sarjana ini.
13. Terima kasih teman dekat Rohania, yang telah banyak memberi masukan dan semangat yang sangat membangun kepada penulis
14. Terima kasih juga teman teman seperjuangan stambuk 2013 B3 Malam telah banyak memberi masukan yang sangat membangun kepada penulis.
15. Terima kasih juga kepada Al danil, Syafitri,yang telah banyak membantu secara moril ataupun materi.
16. Terima kasih juga saya ucapkan kepada anak TA *Dinotes* yang telah banyak membantu penulis waktu penelitian.
17. Dan akhir kata saya ucapkan terima kasih kepada abang saya Muhammad Yamin Lubis,Tri Budi Lubis,Faisal Wahyudi Lubis,Ade Putra Lubis dan kakak saya, Ratih Fitriani Lubis yang selalu memberi dukungan dan motifasi yang sangat membantu penulis menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Penulis Menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dadapenulis 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 pengetahuanyang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Bilahi fil shabali haq, fastabiqul khairat.

Wassaamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 10 Maret 2018

Penulis

FIKI HANAFAI LUBIS
1307230276

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN – I	
LEMBAR PENGESAHAN – II	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penulisan	4
1.6. Metode Penulisan	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1. Pengertian Rancang Bangun	6
2.2. Definisi Pipa dan fungsi pipa tembaga	6
2.3. Besi Plat	9
2.4. Plat Seng	9
2.5. Teori Perpindahan Kalor	11
2.6. Jenis Alat Penukar Kalor	13
2.7. Proses Permindahan Kalor	18
2.7.1. Pancaran Radiasi	19
2.7.2. Hantaran Konduksi	20
2.7.3. Aliran Konveksi	22
2.8. Fungsi Alat Penukar Kalor	24
2.9. Aliran Fluida Dalam Alat Penukar Kalor <i>Compact</i>	24
2.10. Parameter	27
2.11. Mesin Bor Meja	30
2.12. Mesin Gerinda Tangan	32
 BAB 3 METODOLOGI RANCANG BANGUN	 34
3.1 Tempat dan Waktu	34
3.1.1. Tempat	34
3.1.2. Waktu Pelaksanaan	34
3.2 Diagram Alir Rancang Bangun	35
3.3. Perancangan Alat	36
3.3.1. Konsep Desain	39
3.3.2. Proses Pembuatan Alat	39
3.4.3. Proses Perakitan Alat	44

3.3.4. Prosedur Perakitan Alat	47
3.3.5. Prosedur Pengujian	52
3.3.6. Skema uji Eksperimental	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Hasil Alat Penukar Kalor	54
4.2. Pengujian Alat Penukar Kalor	56
Hasil Pengjian Alat Penukar Kalor	57
4.3. Pembahasan Alat Penukar Kalor	65
4.3.1 Pengujian Efektifitas Terhadap Bukaannya Katup Sejajar Sirip Segi Empat	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
CURRICULUM VITAE	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pipa Tembaga Lunak	7
Gambar 2.2	Penukar kalor pipa kosenteis	8
Gambar 2.3	Besin Plat	9
Gambar 2.4	Plate Seng	9
Gambar 2.5	Compact heat exchanger	12
Gambar 2.6	Penukar kalor pipa kosentris	13
Gambar 2.7	Penukar kalor aliran melintang	14
Gambar 2.8	Temperatur distribution cross flow	14
Gambar 2.9	Arah aliran fluida yang saling bersilangan	14
Gambar 2.10	Tipe susunan tube	15
Gambar 2.11	Bentuk bentuk shell dan penutupnya	16
Gambar 2.12	Penukar kalor shell and tube dengan satu aluan	16
Gambar 2.13	Penukar kalor shell and tube dua aluan	17
Gambar 2.14	Inti dari compact heat exchanger	18
Gambar 2.15	Proses perpindahan kalor	18
Gambar 2.16	Perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi	20
Gambar 2.17	Proses perpindahan kalor secara konduksi	21
Gambar 2.18	Perpindahan Kalor satu dimensi	22
Gambar 2.19	Pendinginan sebuah balok yang panas	23
Gambar 2.20	Aliran Laminar	26
Gambar 2.21	Aliran transisi	26
Gambar 2.22	Aliran Turbulen	27
Gambar 2.23	Mesin meja bor	31
Gambar 2.24	Gerinda Tangan	33
Gambar 3.1	Desain pipa tembaga (<i>tube</i>)	36
Gambar 3.2	Desain sirip	36
Gambar 3.3	Desain dudukan atas bawah selang-seling	37
Gambar 3.4	Desain dudukan atas bawah sejajar	37
Gambar 3.5	Desain dudukan selang air	38
Gambar 3.6	Desain alat penukar kalor model <i>fin-tube</i>	38
Gambar 3.7	Konsep Desain	39
Gambar 3.8	Besi plat	40
Gambar 3.9	Tabung tembaga	41
Gambar 3.10	Plat seng galvanis	41
Gambar 3.11	Gunting seng	42
Gambar 3.12	Pemotong pipa tembaga	42
Gambar 3.13	Mata bor	42
Gambar 3.14	Selang air	43
Gambar 3.15	Gerinda Tangan	43
Gambar 3.16	Mesin bor meja	44
Gambar 3.17	Membuat dudukan bawah dan penutup atas	45

Gambar 3.18	Pengerjaan tiang penyangga	45
Gambar 3.19	Pengerjaan sirip	46
Gambar 3.20	Memotong selang air	46
Gambar 3.21	Menggambar konsep desain sirip	47
Gambar 3.22	Hasil potong pipa tembaga dengan ukuran 120 mm	47
Gambar 3.23	Melubangi plat seng galvanis (sirip petak/bulat)	47
Gambar 3.24	Menggunting bentuk sirip petak/bulat	48
Gambar 3.25	Memotong plat besi sesuai konsep desain	48
Gambar 3.26	Melubangi plat besi (350 mm x 350 mm)	48
Gambar 3.27	Memasang sirip ke pipa tembaga, jarak sirip ± 10 mm	49
Gambar 3.28	Memasang pipa tembaga kedalam plat besi	49
Gambar 3.29	Memasang pipa tembaga kedalam plat besi Alat bantu untuk memasukan pipa tembaga kelubang plat besi, tebal 1,5 mm.(kunci pas/ring dan baut/mur 6 inch, 12mm x 14mm).	50
Gambar 3.30	Susunan selang air	50
Gambar 3.31	Skemaa uji Eksperimental	53
Gambar 4.1	Alat Penukar Kalor Model Fin-Tube dengan sirip segi empat tube sejajar	54
Gambar 4.2	Alat Penukar Kalor Model Fin-Tube dengan sirip segi empat tube selang seling	55
Gambar 4.3	Alat Penukar Kalor Model Fin-Tube dengan sirip Lingkaran tube sejajar	55
Gambar 4.4	Alat Penukar Kalor Model Fin-Tube dengan sirip Lingkaran tube selang-seling	56
Gambar 4.5	Pengujian Alat Penukar Kalor Model Fin-Tube	57
Gambar 4.6	Diameter Pipa Tembaga	58
Gambar 4.7	Hubungan antara efektifitas terhadap katup suusunan tabung sejajar	65
Gambar 4.8	Hubungan antara koefisien panas menyeluruh terhadap katup susunan tabung sejajar	66
Gambar 4.9		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konstanta untuk persamaan	29
Tabel 2.2.	Kecepatan mata bor dari bahan HSS	32
Tabel 3.1.	Jadwal Kegiatan	34
Tabel 4.1.	Hasil data rata-rata arduino sejajar sirip segi empat	57
Tabel 4.2.	Interpolasi Fluida property Udara	58
Tabel 4.3	Interpolasi Fluida property air	58
Tabel 4.4.	Efektifitas terhadap bukaan katup susunan tabung sejajar	65
Tabel 4.5.	Koefisien Perpindahan panas menyeluruh terhadap bukaan Katup susunan tabung sejajar segi empat	66

NOMEN KLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Laju perpindahan panas	Watt
A	Luas penampang	m ²
K	Konduktifitas termal	W/m.°C
ΔT	Perbedaan temperatur	°C
H	Koefisien konveksi	W/m ² .°C
T _w	Temperatur dinding	°C
T _∞	Temperatur sekeliling	°C
T _c	Temperatur udara	°C
T _h	Temperatur Air	°C
P	Massa jenis	Kg/m ³
M	Massa	Kg
Sg	<i>Spesific Gravity</i>	
P	Tekanan	Pa
F	Gaya	N
μ	Viskositas dinamik	Kg/m.s
Y	Viskositas kinematik	m ² /s
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 masuk	°C
T _{out}	Temperatur keluar	°C
ΔT LMTD	<i>Long Mean Temperature Different</i>	°C
Nu	Bilangan nusselt	
Pr	Bilangan prandalt	
F	Faktor gesekan	
G	Kecepatan massa	Kg.m ² /s
N	Jumlah baris pada APK	
U	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	W/m ² .°C

Lampiran

Lampiran 1	Hasil data rata-rata pengujian alat penukar kalor	68
Lampiran 2	Hasil Percobaan 1, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)	70
	Hasil Percobaan 2, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)	72
	Hasil Percobaan 3, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)	75
	Hasil Percobaan 4, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)	80
	Hasil Percobaan 5, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)	83
	Hasil Percobaan 6, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)	87
	Hasil Percobaan 1, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (100 %)	90
	Hasil Percobaan 2, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (100 %)	92
	Hasil Percobaan 3, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (100 %)	95
	Hasil Percobaan 4, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (50 %)	97
	Hasil Percobaan 5, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (50 %)	99
	Hasil Percobaan 6, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4, bukaan katup (50 %)	102
Lampiran 3	Tabel mencari nilai interpolasi air	105
	Tabel mencari nilai interpolasi udara	106

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alat Penukar Kalor (APK) model fin-tube adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan proses pertukaran kalor antara dua fluida, baik cair (panas atau dingin) maupun gas, dimana fluida ini mempunyai temperatur yang berbeda.

Alat penukar kalor model fin-tube banyak digunakan di berbagai industry tenaga atau industri yang lainnya dikarenakan mempunyai beberapa keuntungan, antara lain, konstruksi sederhana, kokoh dan aman, biaya yang digunakan relative murah dan kemampuannya untuk bekerja pada tekanan dan temperature yang tinggi dan tidak membutuhkan tempat yang luas.

Dikarenakan ada berbagai macam alat penukar kalor berdasarkan bentuknya antara lain :

1. Alat Penukar Kalor *Shell* dan *Tube*
2. Alat Penukar Kalor *Coil* dan *Box*
3. Alat Penukar Kalor *Double* dan *Pipe*
4. Alat Penukar Kalor tipe *Plate*

Sedangkan untuk tipe alat penukar kalor model *fin-tube* berdasarkan aliran fluidanya dapat dikelompokkan menjadi *cross-flow.Parallel-flow* atau aliran searah adalah apabila fluida-fluida dalam pipa alat penukar kalor mengalir secara searah, sedang *counter-flow* atau sering disebut dengan aliran yang berlawanan adalah apabila fluida-fluida dalam pipa alat penukar kalor mengalir secara

berlawanan. *Cross-flow* atau sering disebut dengan aliran silang adalah apabila fluida-fluida yang mengalir sepanjang permukaan bergerak dalam arah saling tegak lurus.

Dalam aplikasi *alat penukar kalor* di lapangan banyak permasalahan yang masih ditimbulkan, misalnya panas yang ditransfer oleh alat penukar kalor belum maksimal, terjadinya penurunan tekanan sehingga kerja pompa menjadi berat. Hal ini berindikasi pada tingginya biaya untuk listrik dan perawatan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memperluas bidang perpindahan kalor, membuat aliran turbulen dalam pipa serta memakai bahan yang mempunyai konduktivitas yang tinggi. Untuk memperluas permukaan *alat penukar kalor* ada yang dilakukan dengan memperbesar permukaan pipa bagian dalam dan ada yang dilakukan dengan penambahan sirip pada pipa bagian dalamnya yang sekaligus membentuk aliran turbulen pipa bagian luarnya. Namun adanya sirip tersebut akan menaikkan penurunan tekanan (*Pressure Drop*).

Idealnya *alat penukar kalor* mempunyai koefisien perpindahan kalor menyeluruh yang tinggi sehingga mampu mentransfer kalor dengan baik dan mempunyai penurunan tekanan yang rendah. Hal ini menjadi masalah yang perlu dikaji lebih jauh terutama untuk memperkecil penurunan tekanan tetapi koefisien perpindahan kalornya masih tetap tinggi. Menyadari hal tersebut penulis mencoba memberikan solusi dengan penambahan sirip berbentuk segi empat dan lingkaran, pada berbagai bahan yaitu: seng, tembaga, besi, memvariasi jarak dan jumlah sirip pada pipa bagian dalam (*tube*) serta pada *alat penukar kalor model fin-tube*.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam proses pembuatan *alat penukar kalor model fin-tube*, desain tetap mengacu pada standart internasional walaupun ada beberapa tahapan yang disesuaikan dengan kondisi yang terbatas sehingga yaitu dalam hal biaya dan tenaga. Oleh karena itu muncul rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana merancang alat penukar kalor model “*Fin-Tube*” yang efisien?
2. Bagai mana mendapatkan data-data dari alat penukar kalot model “*Fin-Tube*”?

1.3. Batasan masalah

1. Susunan tube yang dirancang yaitu susunan sejajar dan selang – seling menggunakan sirip berbentuk segi empat dan lingkaran.
2. Aliran yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cross flow
3. Fluida yang digunakan yaitu air dan udara

1.4. Tujuan

1. Untuk mendapatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh
2. Untuk membangun alat penukar kalor model *fin - tube*
3. Untuk mendapatkan penurunan tekanan.

1.5. Manfaat

Pembuatan *alat penukar kalor model Fin-Tube* ini digunakan sebagai sarana latihan untuk mendesain dan membuat peralatan yang umum ditemukan di dunia industry dengan menggunakan standart yang berlaku. Selain itu *alat penukar kalor model fin- tube* yang di buat dapat digunakan sebagai sarana praktikum konversi energy, khususnya mengenai perpindahan kalor (*heat transfer*).

1.6. Sistematika Penulisan:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat, Sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan tentang dasar teori perpindahan kalor dan pengertian dan prinsip kerja *heat exchanger*

BAB 3 METODE PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang mesin dan alat yang digunakan. Langkah kerja dalam perkitan, dan pengambilan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini memaparkan secara rinci proses pengujian dan perhitungan data yang diperoleh pada saat pengujian mesin.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran, hal ini untuk menegaskan kembali keseluruhan dari tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
CURRICULUM VITAE

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Rancang Bangun

Rancang bangun terdiri atas dua kata yaitu rancang dan bangun. Rancang merupakan penganalisaan terhadap suatu produk yang akan diproduksi atau dibuat. Pada kegiatan rancang ini yang dianalisa merupakan perhitungan terhadap suatu produk. Bangun adalah suatu pembangunan atau kegiatan dalam membuat suatu produk terbaru.

2.2. Definisi Pipa dan Fungsi Pipa Tembaga

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energi dalam aliran. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan ukuran nominalnya, sedangkan tube adalah merupakan salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya. Dalam keadaan sehari – hari pipa AC menggunakan pipa tembaga. Pengerjaan pemipaan yang berhubungan dengan sistem pemanasan, pendinginan dan sistem lainnya. Semua produksi pipa tembaga di Amerika yang digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan, harus sesuai standar dan spesifikasi dari American Society for Testing and Materials (ASTM). Dan semua pipa tembaga ber-standar ASTM harus berkomposisi minimal 99,9 % tembaga murni.

Pipa tembaga adalah pipa yang paling sering digunakan untuk keperluan mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigeran jenis R.11, R.12, R.22, dan R.502. Pipa tembaga yang dipergunakan pada mesin pendingin adalah pipa tembaga khusus yang disebut ACR TUBING (Air Conditioning and Refrigeration

Tubing) yang telah dirancang dan memenuhi persyaratan/karakteristik khusus untuk mesin pendingin. Bagian dalam pipa untuk keperluan mesin pendingin harus dijaga agar tetap kering dan biasanya dibersihkan dengan menggunakan nitrogen. Ujung-ujung pipa jangan dibiarkan terbuka dan harus ditutup agar tidak terkontaminasi udara luar (uap air) atau kotoran lainnya dengan cara digepengkan ataupun ditutup dengan penutup khusus.

Pipa tembaga pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

a. Pipa Tembaga Lunak(Soft)

Pipa tembaga lunak biasanya digunakan pada mesin-mesin pendingin jenis domestic dan komersial. Pipa tembaga ini memiliki sifat kekerasan tertentu yang disebut “Annealed Copper Tubing”, yaitu pipa dipanaskan kemudian dibiarkan mendingin sendiri. Hal ini membuat pipa tembaga menjadi lunak dan mudah dibentuk. Pipa tembaga lunak mempunyai sifat khusus. Jika pipa dibengkokkan berulang kali maka pipa tersebut akan menjadi keras dan kaku, sehingga mudah rusak, retak atau patah.

Sifat ini dapat diperbaiki dengan cara memanaskan pipa tersebut sampai warnanya berubah menjadi merah atau ungu dan didinginkan secara perlahan-lahan di udara, selanjutnya pipa dapat dengan mudah dibentuk seperti semula. Pekerjaan ini dinamakan proses “annealing”. Penyambungan pipa tembaga ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) pengelasan (brazing), (2) tanpa pengelasan, tetapi menggunakan flare fitting yang disebut sebagai flare nut, yaitu baut khusus untuk keperluan penyambungan secara cepat (flaring).



Gambar 2.1 Pipa Tembaga Lunak (Ahmad Wafi B, Universitas Diponegoro)

b. Pipa Tembaga Keras (Hard)

Pipa tembaga keras biasanya digunakan pada mesin pendingin untuk keperluan komersial, dimana sifat pipa tembaga ini kaku dan keras, jadi pada saat pemasangan pipa tersebut harus dipasang klem atau penyangga sebagai tumpuan dan pengikatnya, apalagi jika ukuran diameter pipa yang digunakan ukurannya besar. Pipa tembaga keras tidak dapat dibengkokkan, jadi harus menggunakan elbow bila diperlukan bengkokan. Penyambungan pipa hanya dilakukan dengan sistem pengelasan dengan las perak (silver brazing) atau menggunakan flare fitting. Penyolderan hanya dilakukan untuk saluran tekanan rendah. Pipa tembaga keras ini diperjual belikan di pasaran dalam bentuk batangan, dimana setiap batangnya mempunyai panjang kurang lebih 5,8 meter.



Gambar 2.2 Pipa Tembaga Keras (Ahmad Wafi B, Universitas Diponegoro)

2.3. Besi Plat

Besi Plat adalah bahan baku dalam pembuatan berbagai macam mesin dan kebutuhan industry lainnya. Seperti pembuatan mobil, kapal, dan berbagai macam alat transportasi. Selain itu plat besi juga bias dipergunakan untuk untuk pembuatan berbagai macam keperluan alat – alat rumah tangga. Bisa juga dipergunakan untuk dasar bahan bangunan.



Gambar 2.3. Plat besi (Ahmad Wafi B, Universitas Diponegoro)

2.4. Plat Seng

Plat seng galvanis yaitu baja lapis yang mengandung logam campuran antara aluminium dan zinc, dengan karakteristik yang dimilikinya plat galvalum betul-betul pantas untuk diterapkan kepada aplikasi outdoor sebagai bahan atap, talang, pagar dan keperluan lainnya termasuk bangunan besar atau rumah tinggal.



Gambar 2.4. Plat seng galvanis (Ahmad Wafi B, Universitas Diponegoro)

Sebagian kelebihan plat galvanis dibanding dengan bahan lainnya:

❖ Tenaga

Galvanis adalah material berbahan dasar besi dengan lapisan alumunium dan zinc. Sebab berbahan dasar besi karenanya galvanis benar-benar layak untuk diaplikasikan sebagai material struktural terlebih sebagai rangka atap yang kokoh dan kuat.

❖ Tahan Karat

Material berbahan dasar besi mempunyai satu kelemahan yakni karat. Kelemahan itu terjawab telah, galvalum dengan lapisan alumunium dan zinc memberikan sifat yang bendung karat dan mempunyai siklus hidup malah hingga ratusan tahun.

❖ Anti Rayap

Rayap adalah musuh no.1 kayu, dimana telah sering kali terjadi kasus keruntuhan atap pengaruh rangka atap nya dari kayu dimakan rayap. Hal ini tak akan terjadi rangka atap dengan material galvanis.

a. Kegunaan Plat Seng Galvanis

• Tak Merambatkan Api

Tak seperti kayu yang seandainya terkena api akan berubah menjadi arang (hancur) , galvalum mempunyai sifat lebih bendung kepada api sehingga memperkecil resiko keruntuhan pengaruh kebakaran.

• Fungsi

Galvanis bisa diaplikasikan sebagai bahan rangka baja ringan, atap gelombang, rangka plafon (hollow), dan lain-lain

- Ringan

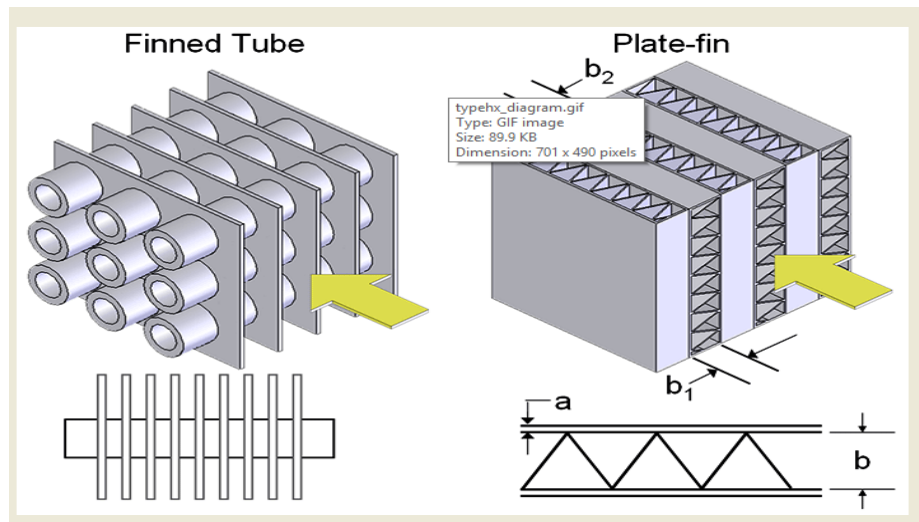
Material Galvanis betul-betul ringan sehingga dalam progres rangka atap energi kerja lebih gampang dalam mengangkat dan memasangnya. Dalam satu kesatuan sebagai suatu bangunan hal ini juga berarti memperingan bobot yang sepatutnya ditanggung struktur penopangnya.

- Bendung Seluruh Keadaan

Galvanis sanggup bertahan kepada perubahan cuaca ataupun lingkungan yang lembab.

2.5. Teori 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 2.5. *Compact Heat Exchanger* (J.P Holman, 1984)

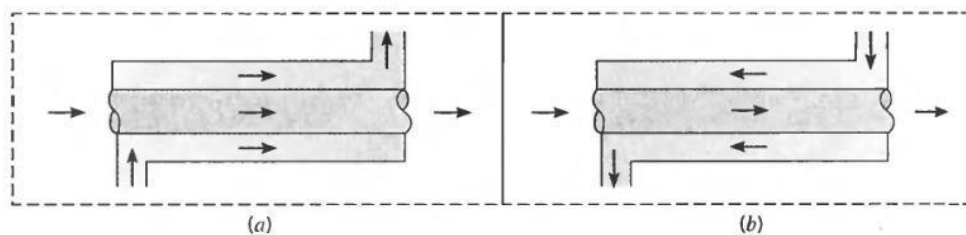
Untuk mengetahui kinerja alat penukar panas, ada hal yang harus diteliti dan dikembangkan dari penelitian sebelumnya.

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.

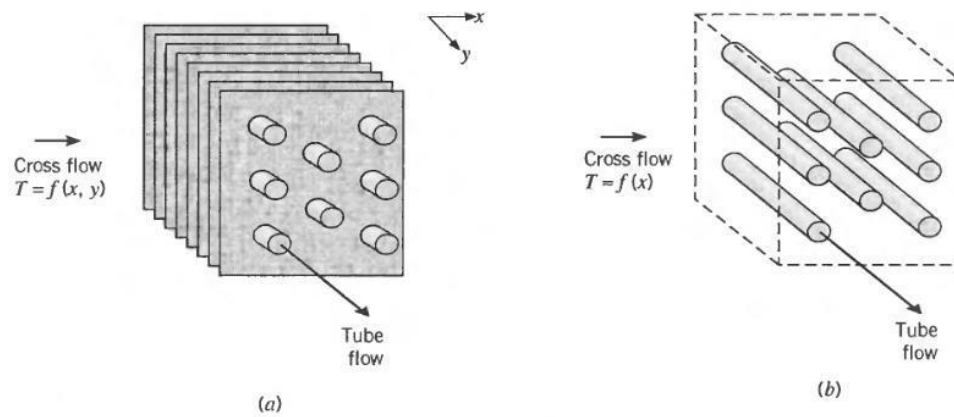
Penentuan temperature perpindahan kalor tidak akan terjadi pada system yang memiliki temperature sama. Perbedaan temperature menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu system yang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

2.6. Jenis Alat Penukar Kalor

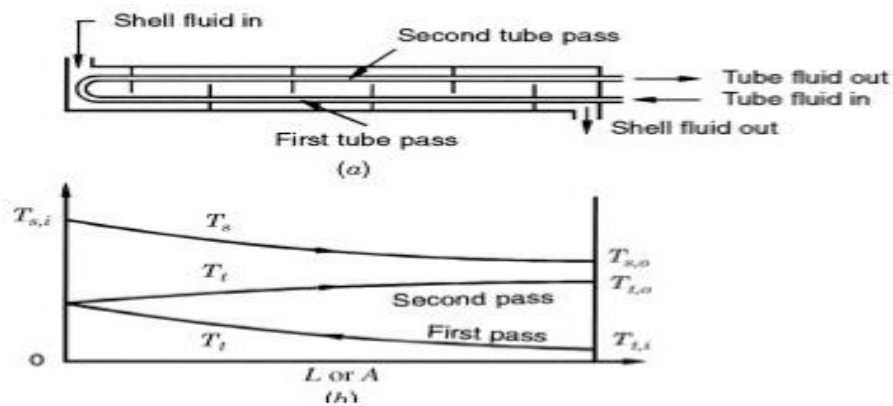
Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) secara tipikal diklasifikasikan berdasarkan susunan aliran (*flow arrangement*) dan tipe konstruksi. Penukar kalor yang paling sederhana adalah satu penukar kalor yang mana fluida panas dan dingin bergerak atau mengalir pada arah yang sama atau berlawanan dalam sebuah pipa berbentuk bundar (atau pipa rangkap dua). Pada susunan aliran sejajar (*parallel-flow arrangement*) yang ditunjukkan Gambar 2.1a, fluida panas dan dingin masuk pada ujung yang sama, mengalir dalam arah yang sama dan keluar pada ujung yang sama. Pada susunan aliran berlawanan (*counter flow arrangement*) yang ditunjukkan Gambar 2.1b, kedua fluida tersebut pada ujung yang berlawanan, mengalir dalam arah yang berlawanan, dan keluar pada ujung yang berlawanan.



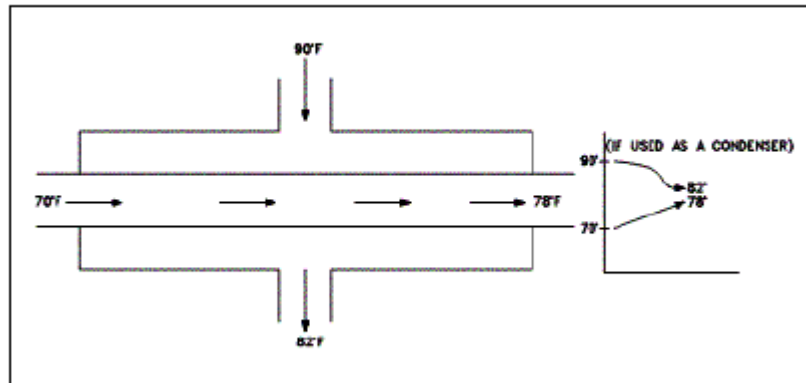
Gambar 2.6. Penukar kalor pipa konsentris (a) *parallel flow* (b) *counterflow*.
(J.P Holman,1984)



Gambar 2.7. Penukar kalor aliran melintang (a) bersirip dengan kedua fluidanya tidak campur (b) tidak bersirip dengan satu fluida campur dan satu fluida lagi tidak campur. (Sumber: R.K. Shah & D.P. Sekulic, 2003).



Gambar 2.8. Temperatur Distribution *Cross Flow*



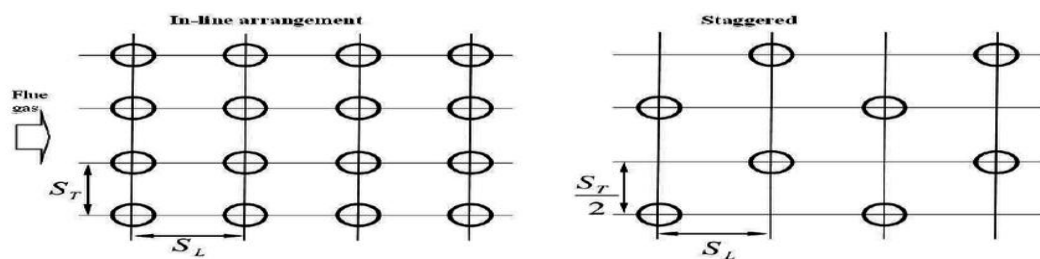
Gambar 2.9. Arah aliran dua fluida yang saling bersilangan (*Cross Flow*)

Sebagai alternatif, 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 2.9. Kedua konfigurasi ini secara tipikal dibedakan oleh sebuah perlakuan terhadap fluida di luar pipa sebagai fluida campur atau fluida tak campur. Gambar 2.9a, 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 2.9b, gerakan memungkinkan untuk fluida bercampur dan variasi temperaturnya semata-mata hanya pada arah aliran utama. Karena aliran dalam pipa tidak bercampur, maka kedua

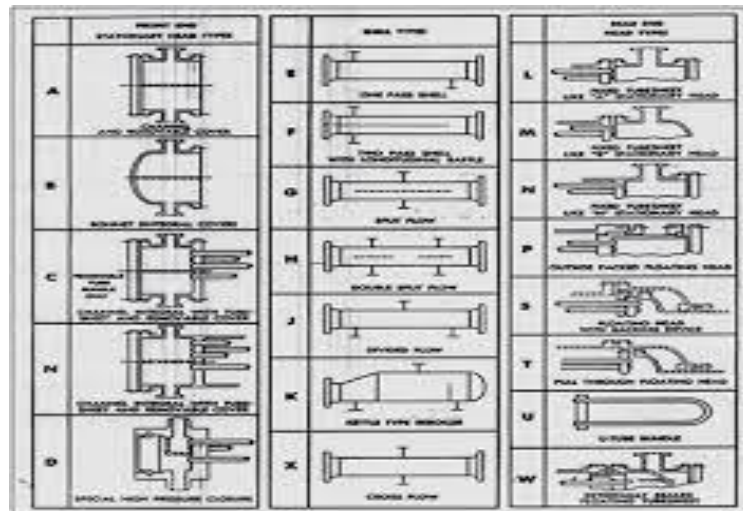
fluida tidak bercampur untuk alat penukar kalor bersirip, sementara untuk satu fluida campur dan satu fluida lagi tidak bercampur untuk alat penukar kalor tidak bersirip. Sifat dari kondisi pencampuran itu secara signifikan bisa mempengaruhi performa penukar kalor.

Tube atau pipa merupakan bidang pemisah antara kedua jenis fluida yang mengalir didalamnya dan sekaligus sebagai bidang perpindahan panas. Ketebalan dan bahan pipa harus dipilih pada tekanan operasi fluida kerjanya. Selain itu bahan pipa tidak mudah terkorosi oleh fluida kerja. Adapun beberapa tipe susunan tube dapat dilihat dibawah ini :

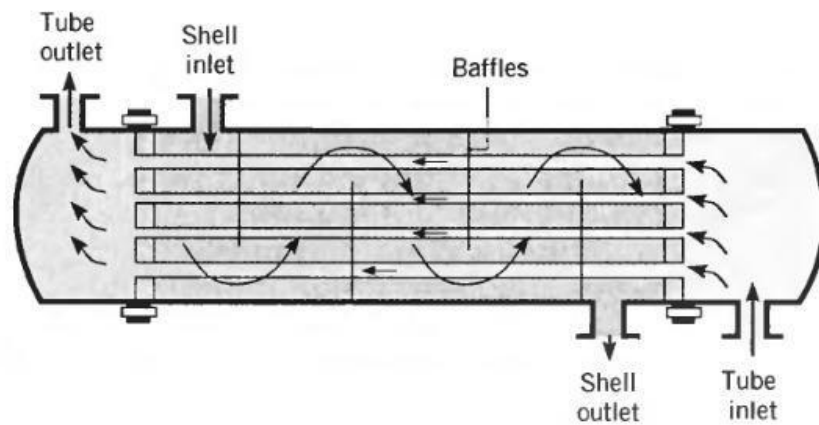


Gambar 2.10. tipe susunan tube (J.P. Holman, hal.:276)

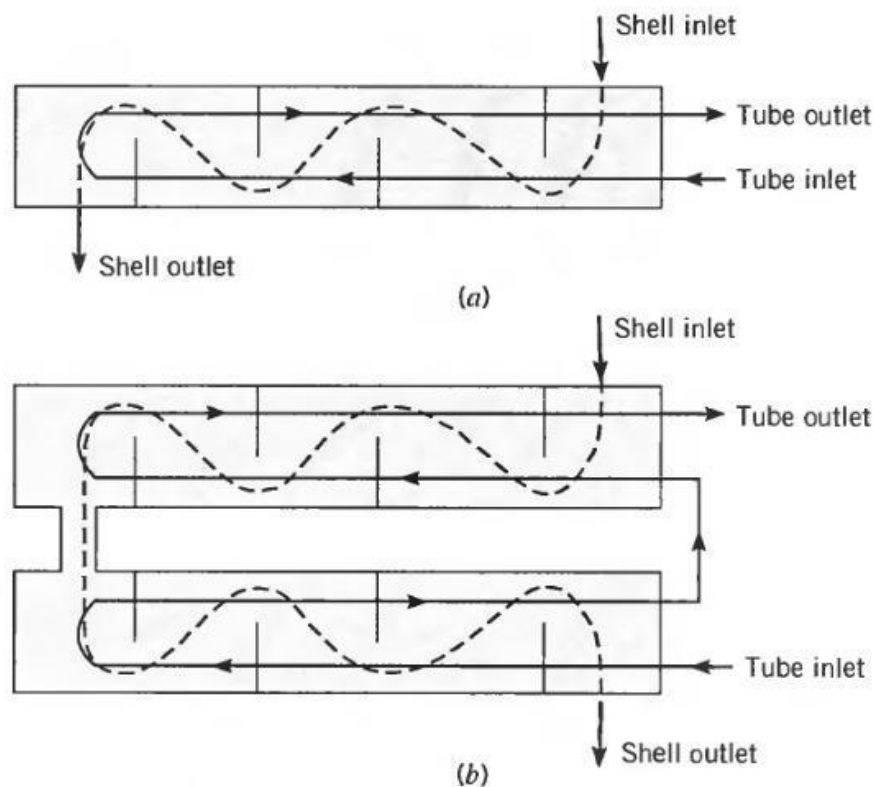
Konstruksi shell sangat ditentukan oleh keadaan tubes yang akan ditempatkan didalamnya. Shell ini dapat dibuat dari pipa yang berukuran besar atau pelat logam yang dirol. Shell merupakan badan dari heat exchanger, dimana didapat tube bundle. Untuk temperatur yang sangat tinggi kadang-kadang shell dibagi dua disambungkan dengan sambungan ekspansi. Bentuk-bentuk shell yang lazim digunakan ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.11. bentuk-bentuk shell dan penutupnya. (J.P. Holman, hal.:489)



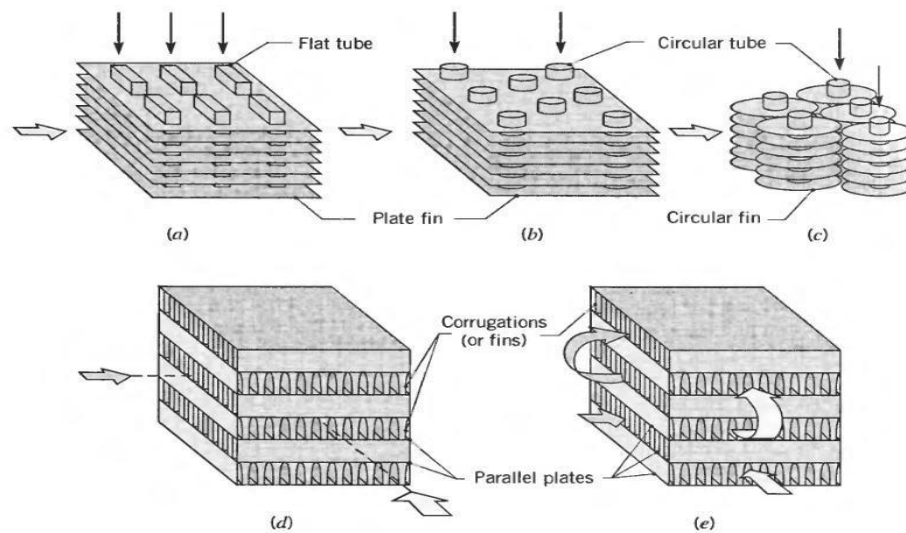
Gambar 2.12. Penukar kalor Shell and Tube dengan satu laluan shell dan satu laluan tube. (Sumber: Geankoplis, C.J.,1987)



Gambar 2.13. 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 2.13. 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.

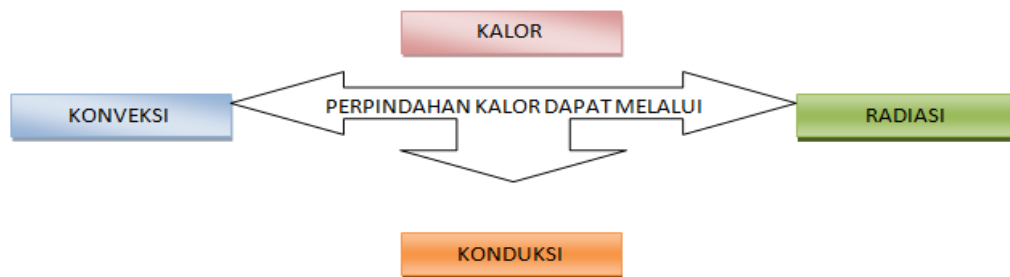
Selain itu, Sekat-sekat itu juga menopang pipa-pipa yang ada di dalam cangkang, mengurangi getaran pipa akibat aliran. Alat penukar kalor yang disekat dengan satu selongsong dan dua laluan pipa dan dengan dua laluan selongsong dan empat laluan pipa ditunjukkan dalam Gambar 2.14a dan Gambar 2.14b secara berurutan.



Gambar 2.14. 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)

2.7. 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 2.15.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.

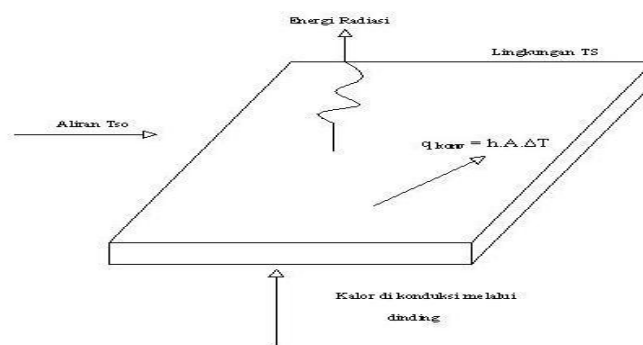
Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah, contohnya hukum kekekalan massa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang kedua. Kalor dapat diangkat dengan tiga macam cara yaitu;

2.7.1. 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 dilibatkan suatu fisik permukaan.

Secara radiasi (memancar) ialah perpindahan panas 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 panas yang dimiliki berubah menjadi gelombang elektromagnetik. Maka didapat persamaan perpindahan panas radiasi, yaitu :

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



Gambar 2.16. Perpindahan Panas Konduksi, Konveksi, Radiasi (J.P.Holman., Hal 20)

2.7.2. 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.

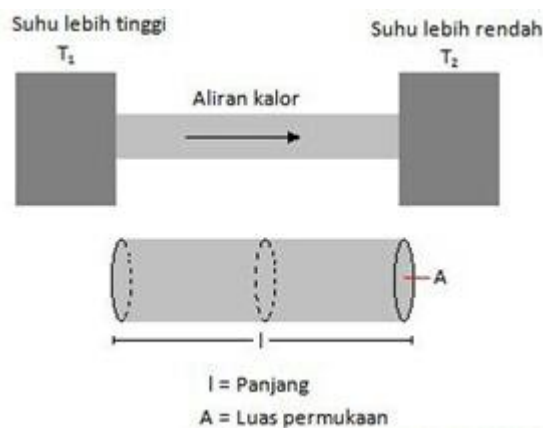
Bahan yang dapat menghantar kalor dengan baik dinamakan konduktor. Penghantar yang buruk disebut isolator bahan yang digunakan untuk menyatakan bahwa bahan tersebut merupakan suatu isolator atau konduktor ialah koefisien

konduksi termal. Apabila nilai koefisien ini tinggi, maka bahan mempunyai kemampuan mengalirkan kalor dengan cepat.

Jika ΔT dan Δx adalah konstan dan hanya memvariasikan A , maka q_x berbanding lurus dengan A . Jika ΔT dan A adalah konstan, maka q_x berbanding terbalik dengan Δx . Apabila A dan Δx konstan, maka q_x berbanding lurus dengan ΔT . (sumber : A.M. Jacobi & R.K. Shah, 1995)

$$q_x \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.2)$$

Berikut ini adalah gambar perpindahan panas secara konduksi.



Gambar 2.17. 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, ditemukan bahwa untuk nilai $A\Delta x$, dan ΔT yang sama, akan menghasilkan nilai q_x 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,

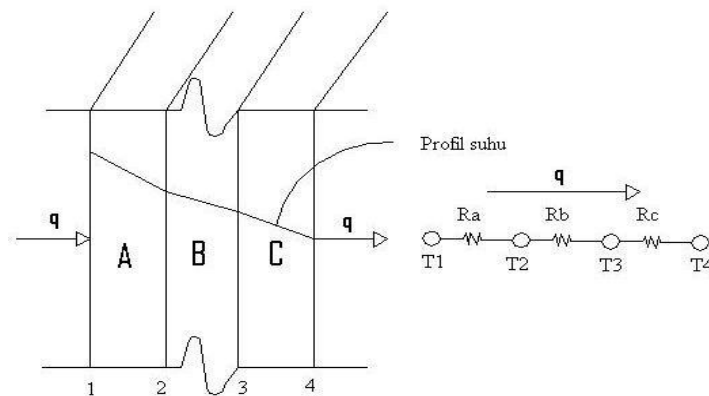
$$q_x = kA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2.3)$$

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 panas,

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

atau persamaan flux panas menjadi,

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



Gambar 2.18. Perpindahan kalorsatu dimensi melalui dinding komposit dan analogi listrik (JP Holman.,Hal 27).

2.7.3. Aliran (konveksi)

Aliran ialah perpindahan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan ka1or 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,

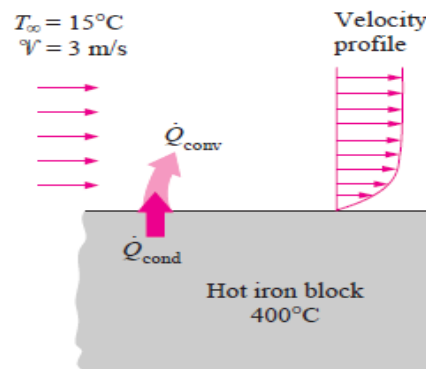
keadaan keseimbangan termodinamik di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Dalam hal ini terdapat keadaan suhu tidak seimbang diantara bahan dengan sekelilingnya.

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

Penelitian menunjukkan bahwa perpindahan panas konveksi sangat bergantung pada sifat-sifat fluida seperti viskositas dinamis μ , konduktivitas termal k , massajenis ρ , dan spesifik panas C_p , dan dipengaruhi oleh kecepatan fluida V . Konveksijuga bergantung pada bentuk dan kekasaran permukaan, dan bahkan juga dipengaruhi oleh tipe aliran seperti laminar atau turbulen.

Perpindahan panas secara konveksi dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

- **Konveksi alami**, panas 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 2.19 Pendingin sebuah Balok yang panas dengan koveksi paksa.
(Sumber: A.M. Jacobi & R.K. Shah, 1995)

2.8. 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 panas 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.

2.9. 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 keduanya 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.

- 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.

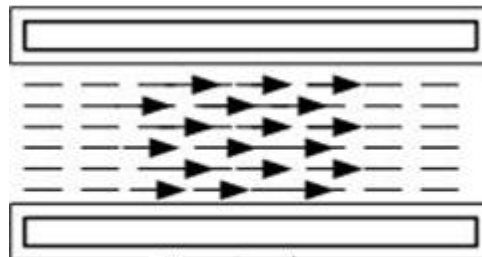
Laju aliran massa yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan 2.6.

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

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

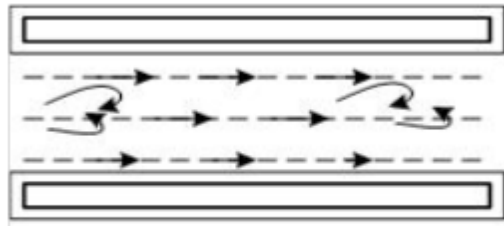
Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang takberdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

- 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 Reynoldsnnya kurang dari 2300 ($Re < 2300$).



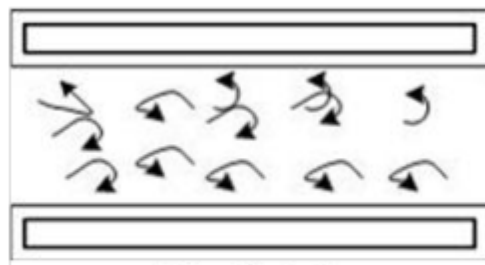
Gambar 2.20. Aliran laminar

- 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 Reynoldsnnya antara 2300 sampai dengan 4000 ($2300 < Re < 4000$).



Gambar 2.21. 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 kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$).



Gambar 2.22. 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.

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

2.10. Parameter Yang Digunakan

Beberapa parameter yang digunakan dalam studi eksperimen ini yaitu:

- Menghitung Laju Perpindah Panas

Laju perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan 2.8.

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

➤ 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 diffrence)* 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 2.12.

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

➤ Menghitung Bilangan *Nusselt* (Nu)

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

Kondisi aliran laminar

Korelasi Hausen

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

(2.13)

Korelasi Shah

$$f = \frac{19,072}{R_e}$$

(2.14)

Kondisi aliran turbulen

Korelasi Dittuse – Boelter

$$Nu = 0,023R_e^{0,8}P_r^{0,4}$$

(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 2.19.

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.

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

➤ Menghitung Koefisien Perpindah Panas Konveksi

Koefisien perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan

persamaan 2.19.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{D_H}$$

(2.19)

➤ Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Koefisien perpindahan panas menyeluruh dapat dihitung dengan persamaan 2.20.

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

➤ Menghitung Efektifitas Alat Perpindahan Kalor (e)

Efektifitas perpindahan kalor dapat dihitung dengan persamaan 2.21.

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

2.11. Mesin Bor Meja

Mesin bor meja adalah mesin bor yang diletakkan diatas meja. Mesin ini digunakan untuk membuat lobang benda kerja dengan diameter kecil (terbatas sampai dengan diameter 16 mm). Prinsip kerja mesin bor adalah putaran motor listrik diteruskan ke poros mesin sehingga poros berputar. Selanjutnya poros berputar yang sekaligus sebagai pemegang mata bor dapat digerakkan naik turun dengan bantuan roda gigi lurus dan gigi rack yang dapat mengatur tekanan pemakanan saat pengeboran.



Gambar 2.23. Mesin Bor Meja (wiliamcooler.proses permesinan)

a. Kecepatan Potong Pengeboran

Kecepatan potong dalam satuan panjang yang dihitung berdasarkan putaran mesin per menit atau definitif dapat dikatakan bahwa kecepatan potong

adalah panjangnya bram yang terpotong persatuan waktu. Setiap jenis logam mempunyai harga kecepatan potong tertentu dan berbeda-beda. Dalam pengeboran putaran mesin perlu disesuaikan dengan kecepatan potong logam. Bila kecepatan potongnya tidak tepat, mata bor cepat panas dan akibatnya mata bor cepat tumpul atau bias patah. Kecepatan potong ditentukan oleh :

1. Jenis bahan yang akan di bor
2. Efisiensi pendinginan
3. Jenis bahan mata bor cara/teknik pengeboran
4. Kualitas lobang diinginkan.
5. Kapasitas bor

Tabel 2.2 Harga Kecepatan Mata Bor Dari Bahan HSS

BAHAN	KECEPATAN POTONG (m/menit)
-------	-------------------------------

Alumunium	Campuran	Kuningan	60-100
Campuran	Tegangan		30-100
Perunggu	Tuang	Tinggi	25-30
Besi	Tuang	Lunak	30-50
Besi	Tuang	Menengah	25-30
Besi		Keras	10-20
Tembaga			20-30
Baja	Karbon	Rendah	30-50
Baja	Karbon	Sedang	20-30
Baja	Karbon	Tinggi	15-20
Baja		Perkakas	10-30
Baja			15-25
campuran			

2.11. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerjaseperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain.



Gambar 2.24 Gerinda Tangan (Susetyo. Proses Permesinan)

Mesin Gerinda didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 11.000 – 15.000 rpm. Dengan kecepatan tersebut batu gerinda yang merupakan komposisi aluminium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggerus permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda juga dapat digunakan untuk memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong..

BAB 3

METODOLOGI RANCANG BANGUN

3.1. Tempat dan Waktu

Tempat dan waktu melaksanakan diatur dalam pembuatan tugas sarjana ini. Diperlukan penjadwalan secara teratur dan terperinci agar dapat terlaksanakan tepat pada waktunya.

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan pembuatan alat penukar kalor model fin-tube di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

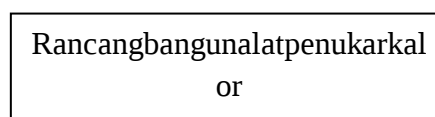
3.1.2. Waktu Pelaksanaan

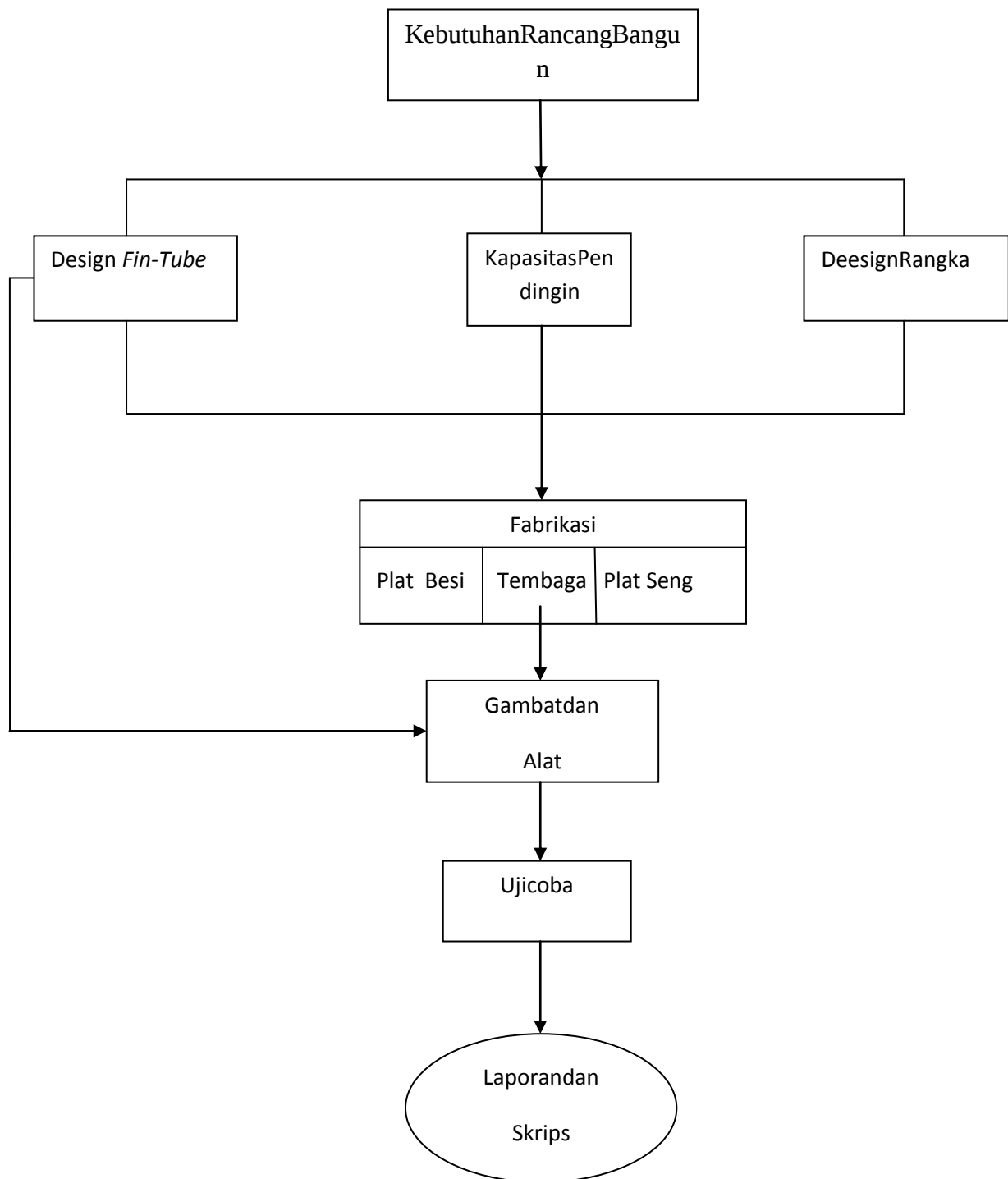
Adapun waktu pelaksanaan rancang bangun alat penukar kalor model fin-tube dapat dilihat pada table 3.1.

Table 3.1 : Jadwal dan kegiatan

No	KEGIATAN	BULAN (TAHUN 2017)						
		Mei	Juniep	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov
1	PENGAJUAN JUDUL							
2	STUDI LITERATURE							
3	PERANCANGAN ALAT							
4	PENYELESAIAN SKRIPSI							

3.2. Diagram AlirRancangBangun





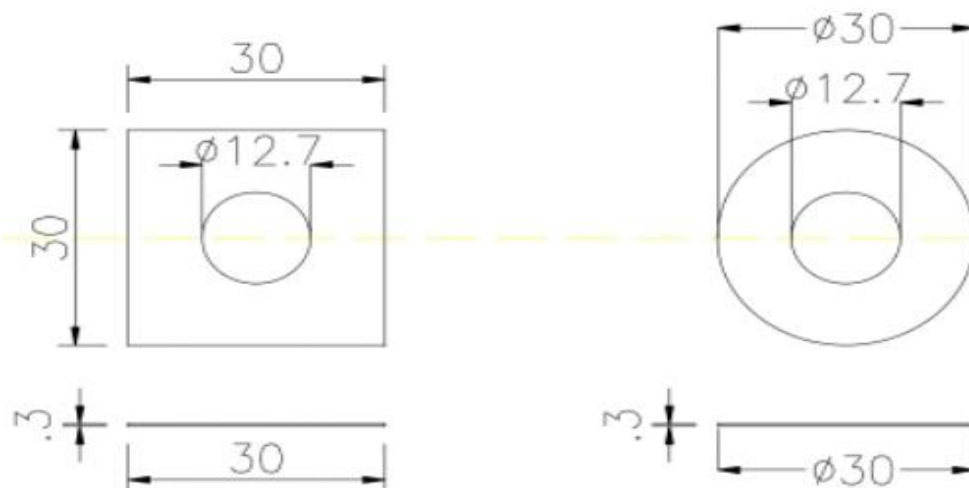
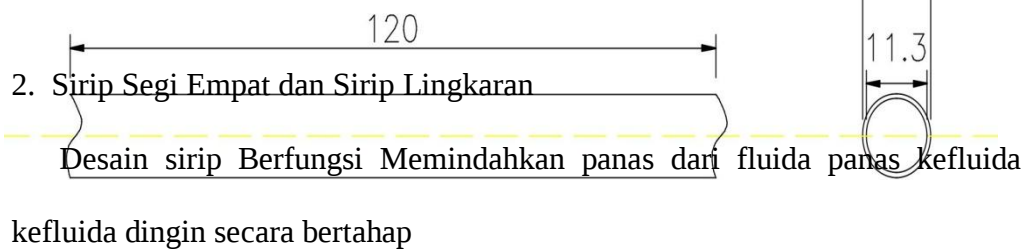
3.3. Perancangan Alat

Dalam melakukan perancangan alat penukar kalor model fin-tube penulis melakukan prosedur mendasar yaitu melakukan konsep desain.

1. Pipa Tembaga (*Tube*)

Tube atau pipa merupakan bidang pemisahan antara kedua jenis fluida yang mengalir di dalamnya dan sekaligus sebagai bidang perpindahan panas. Ketebalan dan bahan pipa harus dipilih pada tekanan operasi fluida kerjanya. Selain itu bahan pipa tidak mudah terkorosi oleh fluida kerja.

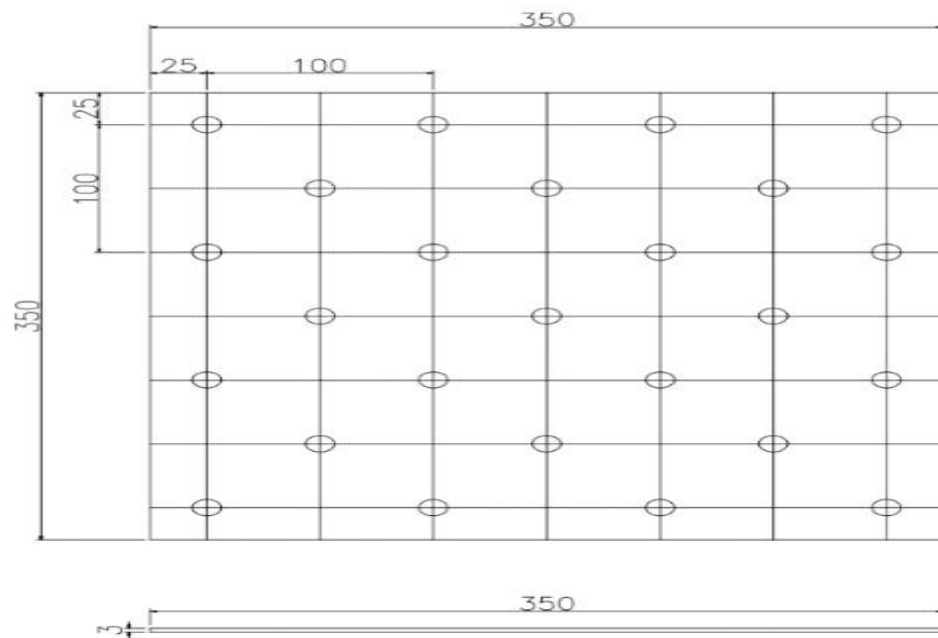
Gambar 3.1 Desain pipa tembaga (*tube*)



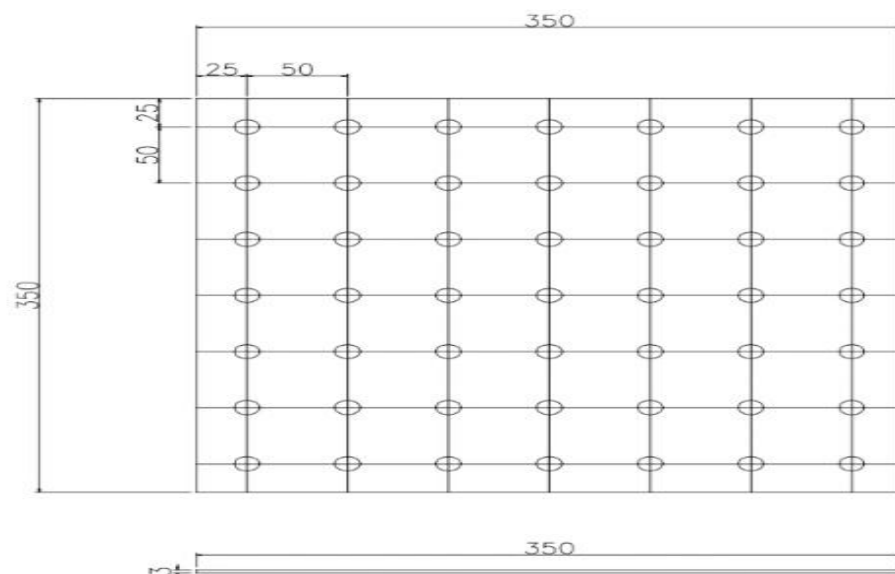
Gambar 3.2 Desain Sirip Segi Empat dan Sirip Lingkaran

3. Dudukan penutup atas

Desain dudukan atas berfungsi untuk menutup bagian atas disertai juga sebagai tumpuan pada tiang penyangga, pipa tembaga (*tube*) yang akan dihubungkan dengan tumpuan penutup bawah.



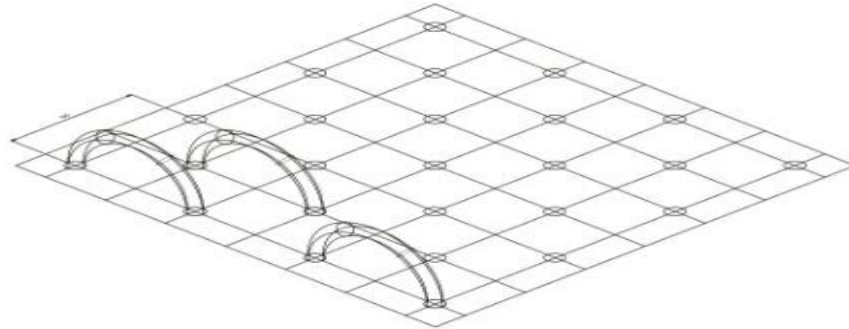
Gambar 3.3 Desain dudukan atas bawah susunan selang-seling



Gambar 3.4 Desain dudukan atas bawah susunan sejajar

4. Dudukan selang air

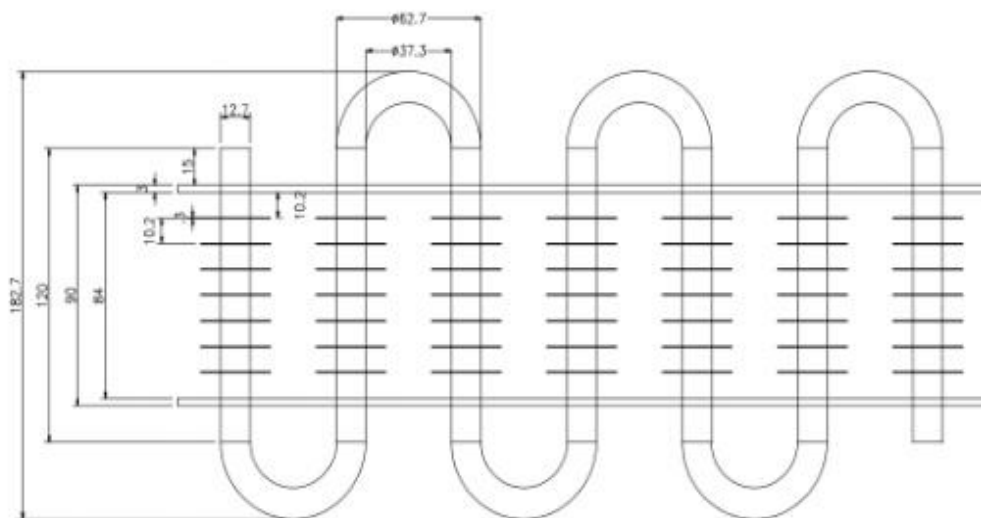
Desain selang air berfungsi untuk menyalurkan air dari tube satu dengan tube lain.



Gambar3.5 Desainudukan selang air

5. Alat penukar kalor model *fin-tube*

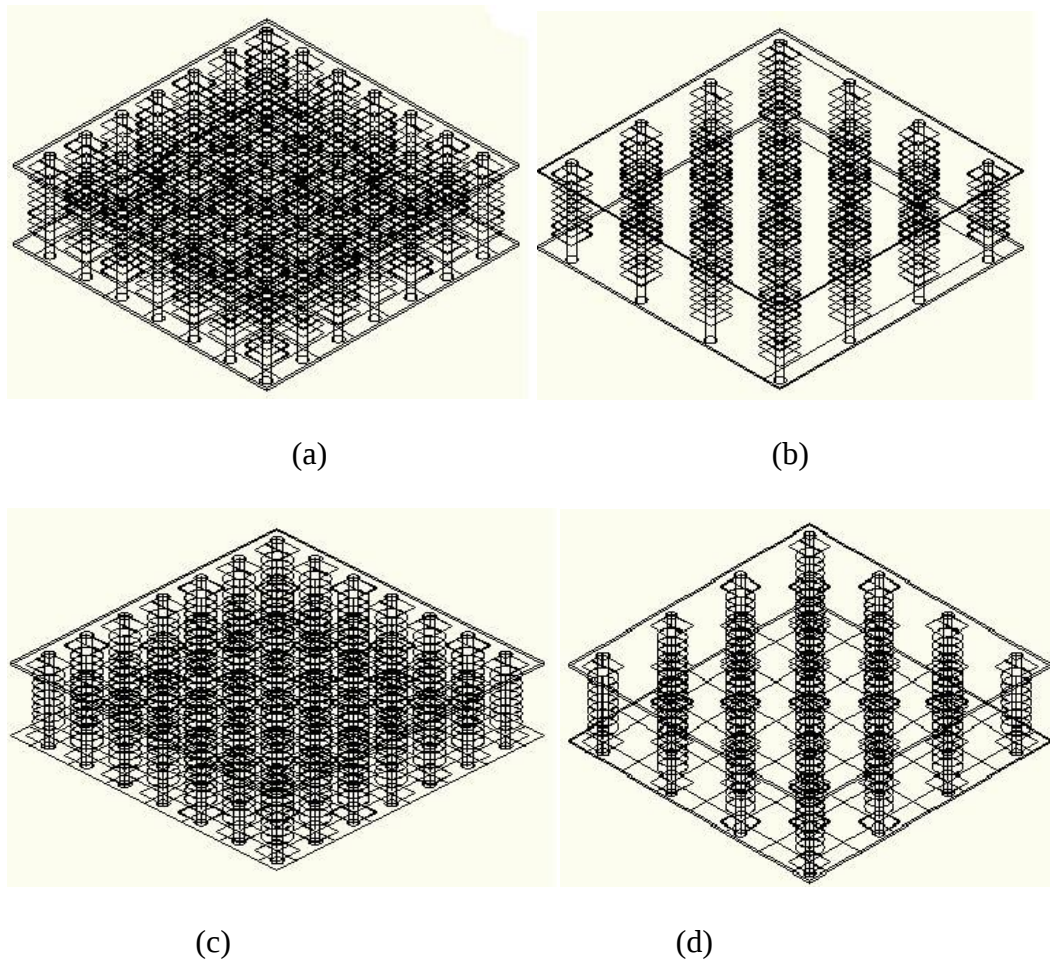
Alat penukar kalor model *fin-tube* berfungsi untuk mentranfer energy panas (entalpi) antara dua atau lebih fluida, antara permukaan cair dengan fluida, atau antara partikel gas dengan fluida, pada temperature yang berbeda serta terjadi kontak termal.



Gambar3.6 Desain alat penukar kalor model *fin-tube*

3.3.1 Konsep Desain

Berikut ini adalah konsep desain dalam melakukan rancang bangun alat penukar kalor model fin-tube. (a) model sejajar petak, (b) model selang-seling petak, (c) model sejajar bulat, (d) model selang-seling bulat.



Gambar 3.7: konsep desain (a) model sejajar petak, (b) model selang-seling petak, (c) model sejajar bulat, (d) model selang-seling bulat

3.3.2 Proses Pembuatan Alat

Pada pelaksanaan rancang bangun alat penukar kalor model fin-tube ini ada beberapa bahan dan alat yang diperlukan. Dalam pemilihan bahan yang ingin digunakan pada rancang bangun ini ada beberapa aspek yang menjadi parameter,

diantaranya ialah bahan yang digunakan harus kuat, tidak mengalami perubahan bentuk.

Berikut ini ada beberapa bahan dan alat yang digunakan dalam melakukan rancang bangun diantaranya ialah :

1. Besi plat



Gambar 3.8 besi plat

2. Tabung tembaga (*tube*)

Tabung pipa dirancang dengan struktur berdinding tipis dan memerlukan teknik penyambungan khusus, seperti - 'solder', 'Crimping', 'kompresi pas', atau 'pengelasan pelarut, plastik.

Tabung pipa dirancang khusus untuk penggunaan dalam system pipa dan aplikasi. Tabung ini digunakan untuk berbagai tujuan, seperti :

- layanan air bawahtanah
- Distribusi air minum
- Drainase dan system ventilasi
- Radiant pemanas

- instalasi sprinkler Ap
- Gas layanan medis
- Bahan bakar, oli dan system distribusi gas



Gambar 3.9 tabung tembaga (tube)

3. Plat Seng Galvanis

Plat seng galvanis ini memiliki daya anti korosi yang sangat baik terutama digunakan untuk aplikasi seperti, ducting ac, rangka rumah, furniture, tangki gas dan minyak, dan banyak lagi aplikasi lainnya.



Gambar3.10 Plat seng galvanis ketebalan 0,3mm

4. Gunting seng

Untuk memotong/membentuk plat seng galvanis membuat sirip petak, dan sirip bulat, dengan ukuran panjang 30 mm setelah sudah dilubangin dengan diameter 12,7 mm.



Gambar 3.11 Gunting seng

5. Pemotong pipa tembaga

Untuk memotong pipa tembaga sesuai ukuran rancang bangun



Gambar 3.12 pemotong pipa tembaga

6. Mata bor

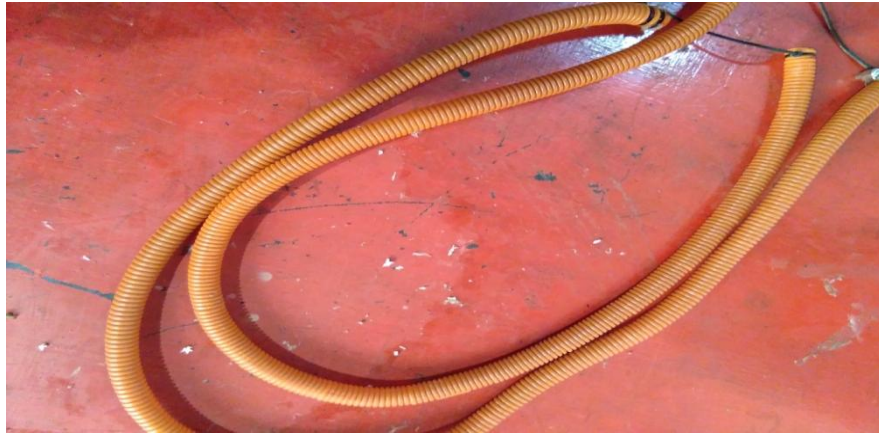
Untuk melubangin plat seng galvanis (sirip petak dan sirip bulat) dan plat besi sesuai dengan desain rancang bangun alat penukar kalor.



Gambar 3.13 mata bor 12,5 mm

7. selang air

Untuk sirkulasi air melalui pipa tembaga ke tembaga lain, sesuai rancang bangun alat penukar kalor model fin-tube



Gambar 3.14 selang air

8. Gerinda tangan (*portable*)

Gerinda tangan dalam melakukan rancang bangun alat penukar kalor model fin-tube dengan digunakan untuk meratakan permukaan plat besi yang setelah dibor, dan memotong plat besi dengan tebal 3 mm dan ukuran plat besi yang di bentuk yaitu 350mm x 350 mm



Gambar 3.15 Gerinda Tangan

9. Mesin bor meja

Mesin bor meja adalah mesin yang diletakkan di atas meja. Mesin ini digunakan untuk membuat lubang benda kerja dengan diameter kecil

(terbatas sampai dengan diameter 16). Prinsip kerja mesin bor meja adalah putaran motor listrik diteruskan ke poros mesin sehingga poros berputar.

Selanjutnya poros berputar yang sekaligus sebagai pemegang mata bor dapat digerakkan naik turun dengan bantuan roda gigi lurus dan gigi rack yang dapat mengatur tekanan pemakanan saat pengeboran. Pengeboran benda kerja seperti :

- Plat besi
- Plat senggalvanis



Gambar 3.16 Mesin Bor Meja

3.3.3 Proses Perakitan Alat

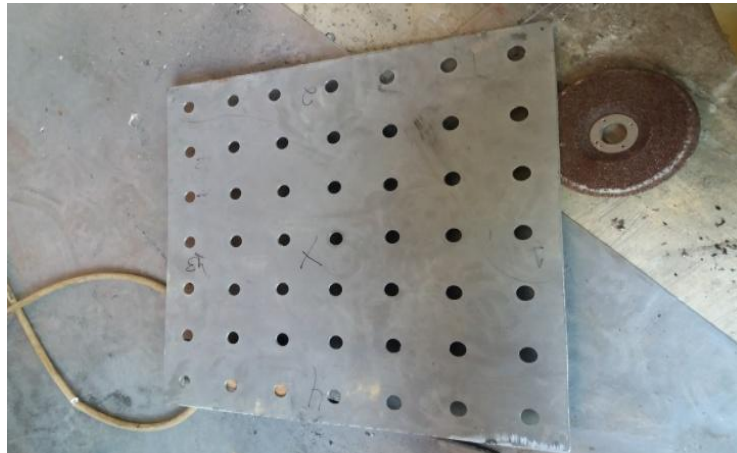
Ada beberapa proses yang harus dikerjakan pada rancang bangun alat uji tarik dengan kapasitas kecil ini, proses ini meliputi cara pengerjaan dari pada rancang bangun.

Adapun proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. Membuatudukan bawah dan penutu patas

Pembuatan dudukan bawah dan penutup atas menggunakan plat besi 1,5 mm dengan ukuran yang sama 350 x 350 x 1,5 mm. Terlebih

dahulu penulis bor untuk melubangi plat dengan desain yang sama, agar plat menjadi tumpuan tiang penyangga pipa tembaga.



Gambar 3.17 membuatudukan bawah dan penutup atas

2. Pengerjaan tiang penyangga

Tiang penyangga menggunakan bahan tembaga dan di potong dengan ukuran 120 mm, dan ketebalan pipa tembaga 0,7 mm seperti pada gambar :

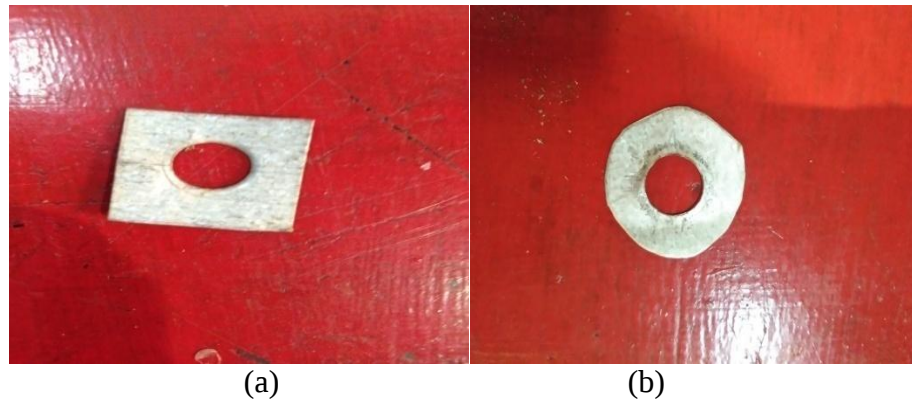


Gambar 3.18 Pengerjaan tiang penyangga

3. Membuat sirip petak dan sirip bulat

Sirip petak dengan ukuran persegi 30 mm x 30 mm, diameter 12,7 mm dan sirip bulat dengan ukuran diameter kecil 12,7 mm, diameter

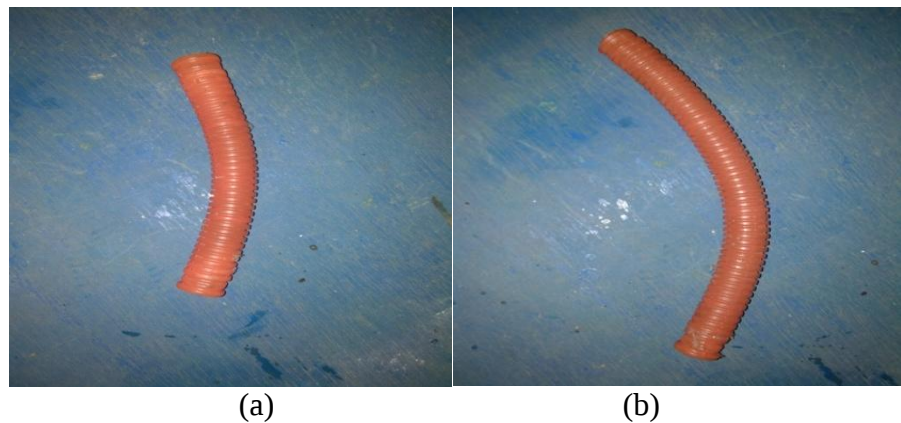
besar 30 mm, menggunakan bahan plat seng galvanis ketebalan 0,3 mm, dan dibor dengan menggunakan mata bor 12,5 mm.



Gambar 3.19 (a) sirip petak dan (b) sirip bulat

4. Selang air

Memotong selang air dengan ukuran panjang 130 mm dengan susunan sejajar dan panjang 190 mm dengan susunan selang-seling, diameter pipa 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ").



Gambar 3.20 (a) panjang selang air 130 mm dan (b) panjang selang air 190 mm.

3.3.4 Prosedur PerakitanAlat

Proses perakitan harus dilakukan secara berurutan agar tidak terjadi kesulitan dalam pemasangannya, perakitan meliputi :

1. Menggambarkan desain sirip petak/bulat pada plat seng galvanis dengan menggunakan pensil 2B, jangka sorong dan rol
2. Memotong pipa tembaga dengan alat pemotong tembaga
3. Melubangi/menggunting sirip petak dan sirip bulat menggunakan plat seng galvanis
4. Memotong/melubangi plat besi sesuai dengan konsep desain
5. Memasang sirip petak/bulat kedalam pipa tembaga (*tube*) dengan jarak $\pm 10 \text{ mm}$
6. Memasang hasil sirip dan pipa tembaga keplat besi yang sudah dilubangi, dengan menggunakan kunci pas/ring dan baut/mur panjang 6 inch (12mm x 14mm) sebagai alat bantu untuk memasukan pipa tembaga kelubang plat besi, tebal 1,5 mm.
7. Memasang selang air kepipa tembaga untuk sirkulasi air

Sebelum alat dioperasikan, alat ini telah dikalibrasi bersama dengan proses pembuatannya. Yaitu kalibrasi relay dengan menggunakan *software arduino* yang dihubungkan kepersonal computer.



Gambar 3.21 Menggambar konsep desain sirip



Gambar 3.22 Hasil potong pipa tembaga dengan ukuran 120 mm



Gambar 3.23 Melubangi plat seng galvanis (sirip petak/bulat)



Gambar 3.24 Menggunting bentuk sirip



Gambar 3.25 Memotong plat besi sesuai konsep desain



Gambar 3.26 Melubangi plat besi (350 mm x 350 mm)



Gambar 3.27 Memasang sirip ke pipa tembaga, jarak sirip $\pm 10\text{ mm}$



Gambar 3.28 Memasang pipa tembaga kedalam plat besi



Gambar 3.29 Alat bantu untuk memasukan pipa tembaga kelubang plat besi, tebal 1,5 mm.(kunci pas/ring dan baut/mur 6 inch, 12mm x 14mm).



(a)

(b)

Gambar 3.30 Susunan selang air (a) sejajar dan (b) selang-seling

3.3.4 Prosedur Pengujian Alat Penukar Kalor Model *fin-tube*

Adapun prosedur yang dilakukan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

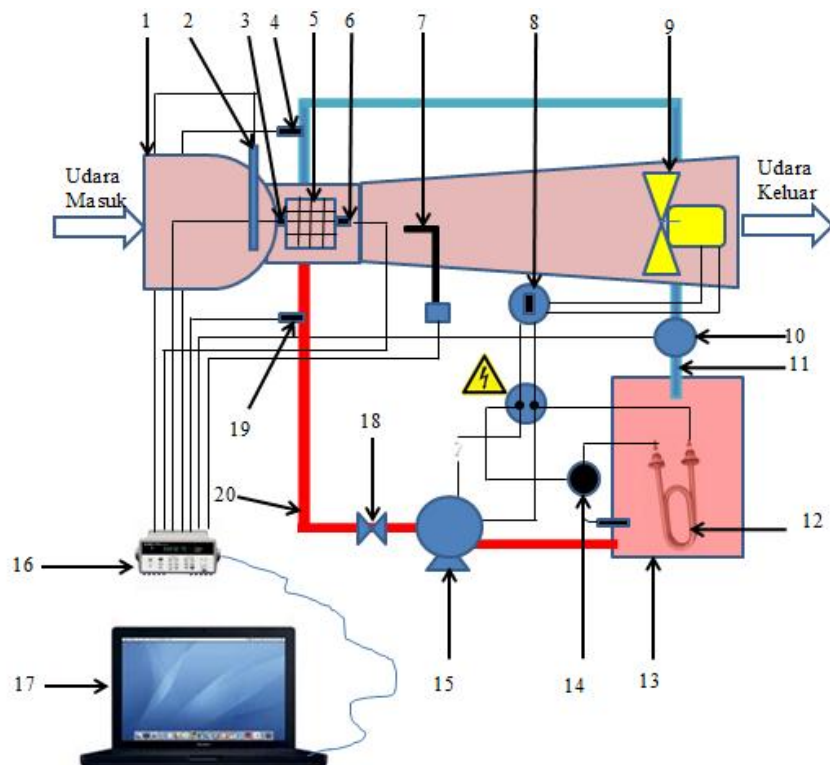
1. Persiapkan semua alat yang digunakan dalam studi eksperimental.
2. Lakukan penyusunan posisi terhadap bagian-bagian yang akan di uji, seperti memasukan alat penukar kalor model *Fin – Tube* kedalam alat uji *SubSonic Wind Tunnel*.
3. Pasang sensor *temperature* LM35
4. Pasang *Water Flow Sensor* pada saluran output alat penukar kalor model *Fin-tube*.
5. Pasang *Hot Wire Anemometer* dari atas alat uji *Sub Tronic Wind Tunnel*, tarik pendeteksi *Hot Wire Anemometer* sampai pada posisi tengah susunan *Fin*.
6. Koneksikan semua alat ukur yang terprogram dalam *Arduino Uno* dan *Hot Wire Anemometer* ke laptop, dan buka *software* penujuk alat ukur tersebut.
7. Isi tangki dengan air dingin, kemudian hidupkan pompa agar air sirkulasi ke alat penukar kalor model *Fin-Tube*. Pastikan tidak ada kapitasi dalam saluran air tersebut.
8. Hidupkan *Heater* sampai temperatur 60°C dengan toleransi $\pm 3^{\circ}\text{C}$, Posisikan pengaturan Thermostat pada temperatur yang ditentukan.
9. Memulai pengambilan data saat temperatur mencapai 60°C dengan toleransi $\pm 3^{\circ}\text{C}$, dengan mengambil data selama 3 menit dalam satu kali pengujian.

3.3.6 Skema uji Eksperimental Penukar Kalor model *Fin-Tube*

Berikut ini adalah skema uji Eks perimental:

Keterangan :

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Terowongan Kerja | 11. Pipa Air Dingin |
| 2. Hot Wire Anemometer | 12. Pemanas Air |
| 3. Termokopel | 13. Tangki Air |
| 4. Termokopel | 14. Thermostat |
| 5. APK Tipe Compact | 15. Pompa Sirkulasi air |
| 6. Termokopel | 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 3.31 Skema uji Eksperimental

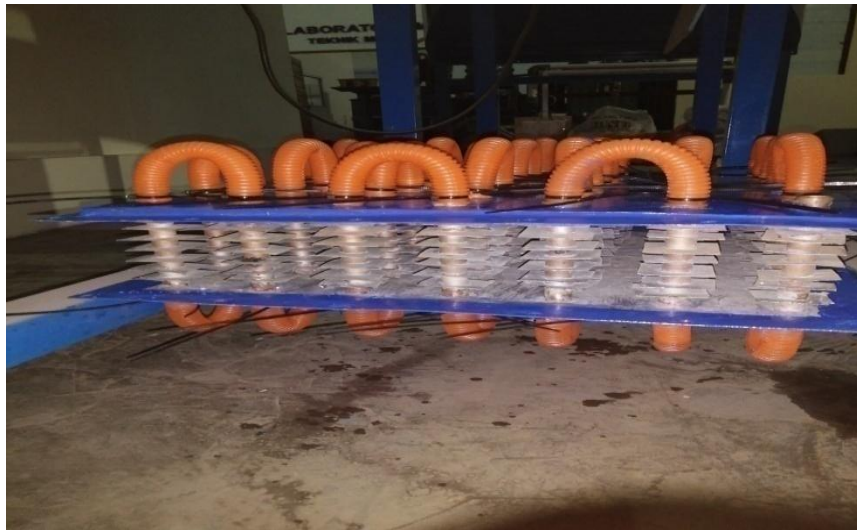
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Alat

Untuk membuat alat penukar kalor model *Fin-Tube* ini memerlukan waktu kurang lebih 3 bulan, dalam proses pembuatan alat penukar kalor model *Fin-Tube* ini menggunakan pompa air untuk mengatur sirkulasi kecepatan air, dan terdeteksi oleh *waterflow*.

1. Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip berbentuk segi empat susunan tube sejajar.



Gambar 4.1 Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip segi empat susunan tube sejajar.

2. Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip berbentuk segi empat susunan tube selang - seling.



Gambar 4.2 Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip segi empat susunan selang - seling.

3. Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip berbentuk lingkaran susunan tube sejajar.



Gambar 4.3 Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip lingkaran susunan sejajar.

4. Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip berbentuk lingkaran susunan tube selang - seling.

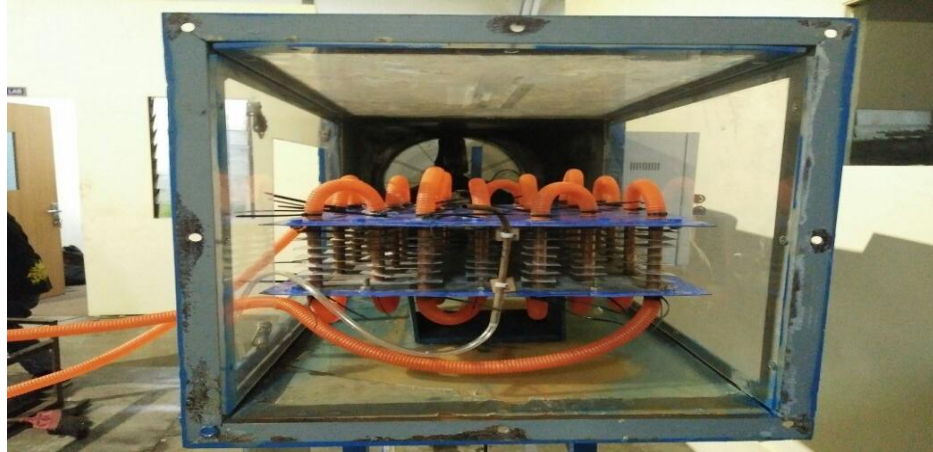


Gambar 4.4 Alat penukar kalor model *Fin-Tube* dengan sirip bulat susunan selang - seling

4.2 Hasil Pengujian Alat Penukar Kalor

Pengujian yang dilakukan adalah untuk mengetahui perbedaan temperature udara masuk dan keluar dan laju perpindahan kalor dari alat penukar kalor model *Fin-Tube*. Data yang diukur dari pengujian ini adalah kecepatan aliran udara yang akan didinginkan dengan menggunakan alat ukur anemometer, temperature udara masuk dan keluar dengan menggunakan Relay dan Relay MK2KP yang dihubungkan dengan Arduino.

Pengujian dilakukan selama 30 menit dengan interval waktu 5 menit. Setiap interval waktu dilakukan pengambilan data sebanyak enam kali dengan kondisi yang sama.



Gambar 4.6 Pengujian Alat Penukar Kalor model *Fin-Tube*

Perhitungan rata – rata velocity udara, Water Flow air, Suhu 1, suhu 2, suhu 3, dan suhu 4, bukaan katup (100 % dan 50 %) halaman : 69 – 101.

Adapun data rata-rata hasil pengujian ditabelkan dibawah ini:

Tabel 4.1. Data Rata-rata Arduino Sejajar Sirip Segi Empat

Pengujian	Waktu (Detik)	Speed Kipas	BukaanKatup (%)	Water Flow air (l/min)	TudaraIN(°C)	Tudara 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

4.2.1 Perhitungah Data Hasil Studi Eksperimental

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

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

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

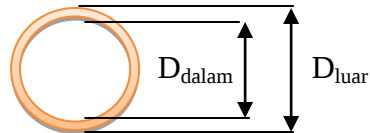
Temperatur air masuk (T_{in}) : 60,12°C

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

Debit air Q : 2,14 l/mnt = 0,0000356 m³/s

D_{luar} : 12,7 mm = 0,0127 m

D_{alam} : 12 mm = 0,012 m



Gambar 4.7 Diameter Pipa Tembaga

Maka dapat dihitung temperature udara rata-rata :

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

Tabel mencari Interpolasi fluida udara, halaman : 104

Tabel 4.2. Interpolasi *fluida property* udara berdasarkan temperatur

<i>fluida property</i>	Temperatur udara (34,08 °C) = 307,23°K
C _p (J/Kg.°K)	1007
k (W/m.°K)	0,026182
Pr	0,727058
ρ (Kg/m ³)	1,148496
μ (Kg/m.s)	0,00001890

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

Temperatur Air rata-rata :

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

Tabel mencari Interpolasi fluida air, halaman : 105

Tabel 4.3. Interpolasi *fluida property* air berdasarkan temperatur

<i>fluida property</i>	Temperatur air (56,45°C)
Cp (J/Kg.°C)	4,179
k (W/m.°C)	0,647554
Pr	3,195
ρ (Kg/m ³)	984,8324
μ (Kg/m.s)	0,000498

(tabel A-9|properties of water)

- Menghitung Laju Perpindahan Massa Udara ($\dot{m}_{udara}$) ρ lihat tabel 4.2
- Menggunakan persamaan (2.11)

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

Maka,

- Menggunakan persamaan (2.6)

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

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

Plihat tabel 4.2.

- Menggunakan persamaan (2.11)

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

- Menggunakan persamaan (2.10)

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

Maka,

- Menggunakan persamaan (2.6)

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

- Menghitung Laju Perpindahan Panas udara (q_{udara})

Cp lihat tabel 4.2.

- Menggunakan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned}
 q_{udara} &= \dot{m}_{udara} \cdot C_p \cdot (T_{c,out} - T_{c,in}) \\
 &= 0,000469 \text{ kg/s} \cdot 1007 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot (308,31^\circ\text{K} - 306,15^\circ\text{K}) \\
 &= 1,078 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Laju Perpindahan Panas air (q_{air})

C_p lihat tabel 4.3.

- Menggunakan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} q_{air} &= \dot{m}_{air} \cdot C_p \cdot (T_{h,in} - T_{h,out}) \\ &= 0,0350 \frac{kg}{s} \cdot 4,179 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (60,12^\circ C - 52,78^\circ C) \\ &= 1073,6 watt \end{aligned}$$

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

ρ dan μ lihat tabel 4.2.

- Menggunakan persamaan (2.7)

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

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

ρ dan μ lihat tabel 4.3.

- Menggunakan persamaan (2.7)

$$\begin{aligned} R_{e,air} &= \frac{\rho \cdot v \cdot D_{h,air}}{\mu} \\ &= \frac{984,8324 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,2894 \frac{m}{s} \cdot 0,012m}{0,000498 \frac{Kg}{m.s}} \\ &= 7153,87 > 4000 \text{ (aliran turbulen)} \end{aligned}$$

➤ Menghitung Bilangan Nusselt udara (Nu_{udara})

Untuk aliran transisi, perhitungan Nu menggunakan korelasi hilpert.

C (0-4000) dan n lihat tabel 2.1

Pr , μ dan ρ lihat tabel 4.2.

u = kecepatan menyeluruh = v_{udara}

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

- Menggunakan persamaan (2.17)

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

➤ Menghitung Bilangan Nusselt air (Nu_{air})

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

Pr lihat tabel 4.3.

- Menggunakan persamaan (2.15)

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

$$= 44,615$$

- Menghitung Koefisien Konveksi Udara (h_{udara})

K lihat tabel 4.2.

- Menggunakan persamaan (2.19)

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

- Menghitung Koefisien Konveksi Air (h)

K lihat tabel 4.3.

- Menggunakan persamaan (2.19)

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

- Menghitung *Pressure Drop* (ΔP)

ρ lihat tabel 4.2.

- Menggunakan persamaan (2.12)

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

➤ Menghitung ΔT_{LMTD}

- Menggunakan persamaan (2.9)

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

➤ Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

- Menggunakan Persamaan (2.20)

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

➤ Menghitung Efektifitas Alat Pemindah Kalor

- Menggunakan persamaan (2.21)

$$\begin{aligned}e &= \frac{\Delta T_{h,in}}{\Delta T_{c,in}} \\ &= \frac{7,34^\circ\text{C}}{2,16^\circ\text{C}} \\ &= 3,39^\circ\text{C}\end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengujian efektifitas terhadap bukaan katup

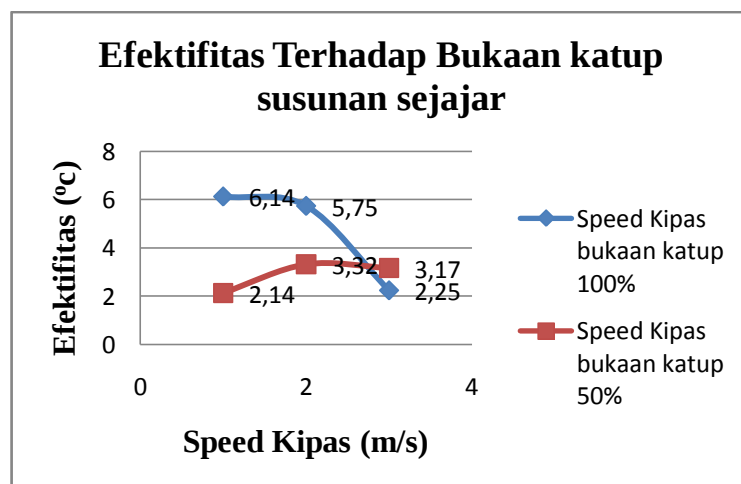
Hasil pengujian efektifitas terhadap bukaan katup dapat dilihat pada Tabel

4.2 berikut ini :

Perhitungan mencari efektifitas pada lampiran 1 halaman : 67 - 68

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 4.7 Hubungan antara efektifitas terhadap katup susunan tabung sejajar

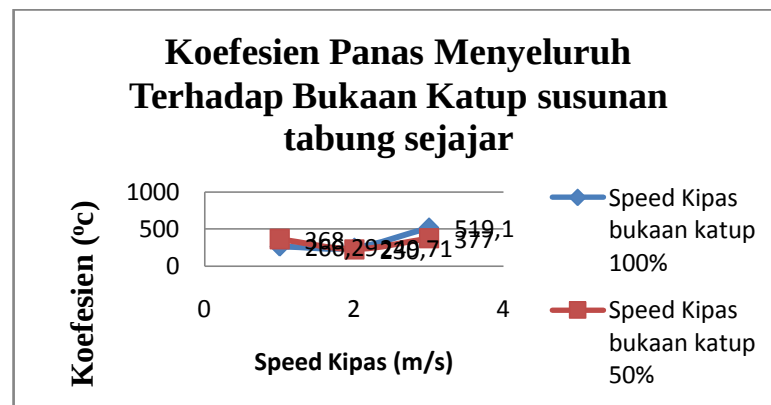
katup 100% dan juga 50% pada variasi speed kipas 1, 2 dan 3 untuk peningkatan Efektifitas terhadap bukaan katup. Untuk efektifitas bukaan katup 100% pada speed 2 dan 3 terjadi penurunan sebesar 3,89⁰C . Pada bukaan 50% pada speed 2 efektifitasnya 3,32 ⁰C mengalami peningkatan dari speed 1 dan speed 3 juga terjadi penurunan efektifitas hingga 3,17 ⁰C.

4.2.1 Pengujian koefisien panas menyeluruh terhadap bukaan katup

Perhitungan mencari menyeluruh pada lampiran 1 halaman : 67 - 68

Tabel 4.5 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 4.8 Hubungan antara koefisien panas menyeluruh terhadap katup susunan tabung sejajar

Pada Gambar 4.8 Koefisien panas menyeluruh terhadap bukaan katup 100% pada speed 2 terjadi penurunan sebesar $249,71 \text{ watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, sedangkan bukaan katup 100% pada speed 3 terjadi peningkatan hingga $519,10 \text{ watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Pada bukaan katup 50% pada variasi speed 2 terjadi penurunan sebesar $230 \text{ watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, sedangkan pada bukaan katup 50% pada variasi speed 3 terjadi peningkatan sebesar $377 \text{ watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Luas bidang perpindahan kalor massa air 0,2894 m/s, jumlah pipa penukar kalor 49 buah tube sejajar dan 25 buah tube selang-seling dengan panjang tube 120 mm.
2. Menggunakan Relay dan Relay MK2KP dihubungkan langsung dengan *heater* guna menstabilkan air di dalam tangki pemanas

5.2. Saran

1. Dalam mendesain sebuah alat penukar kalor maka pertimbangan teknik manufakturnya perlu dipertimbangkan secara mendalam agar didapatkan hasil yang sesuai dengan rancangan.
2. Sebaiknya Studi *Heat Exchanger* dengan menggunakan *Sub Sonic Wind Tunnel* dilakukan di ruangan tertutup agar udara atmosfer tidak mengganggu proses pengujian
3. Susunan pipa tembaga (*tube*) dengan posisi sejajar dan posisi selang-selang hendaknya dianalisis dengan rumusan-rumusan yang ada sehingga didapatkan pertukaran kalor yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Wafi B. (2011). Rancang Bangun Heat Exchanger Shell and Tube Single Phase. Semarang
http://eprints.undip.ac.id/Heat_Exchange_Shell_and_Tube
- A.Joardar & A.M. Jacobi.(2008). “Heat Exchanger Enhancement by winglet Type Vortex Generator arrays in Compact Plain fin and Tube Heat Exchanger”, International Journal of Refrigeration, 31:87-97
- Geankoplis. Christie J. (1978). *Transport Process and Unit Operations*. PTR.Prentice-Hall, Inc., A Simon and Shuster Company, New Jersey.
- J.P Holman (Jasjfi, E). 1984, Perpindah Kalor, Edisi kelima, Erlangga, Jakarta.
<http://rumushitung.com/2013/04/18/perpindahan-kalor-radiasi-konduksi-konveksi/>
<https://www.scribd.com/doc/51301618/Makalah-Perpindahan-Panas>
- [R.K. Shah & D.P. Sekulic, 2003, “Fundamental of Heat Exchanger Design”, United States of America : Jhon Wiley & Sons, Inc.](#)
- Susetyo. (2010). Proses Permesinan dan Materi Mesin Gerinda. Jakarta
<http://susetyo.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/45233/Materi+mesin+gerinda.doc>
- William Colter. (2010). Proses Permesinan mMesin Bor. Bandung
<http://williamcolter.blogspot.co.id/2010/02/mesin-bor.html>

Lampiran 2

Hasil Percobaan 1, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)

Sample s	Report	10/11/20 17	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
41.00	10/11/2017	14:34:35	2.108	31.6	1399.859	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
			3.22247541	30.538	2145.031	10.93

Hasil Percobaan 2, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)

Sample s	Report	10/11/20 17	14:50:35			
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
			3.324927273	30.89	2213.2328	10.91

Hasil Percobaan 3, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (100 %)

Sample s	Report	10/11/20 17	15:03:35			
NO.	DATE	TIME	VELOCITY(m/s)	T(C)	FLOW(CMM)	AREA(m 2)
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
			3.474502488	31.419	2313.1015	10.99945

Hasil Percobaan 4, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)

Samples	Report	10/11/2017	15:22:57			
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
			2.305318584	30.96	1533.53361	10.913363

Hasil Percobaan 5, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)

Sample s	Report	10/11/20 17	15:35:08			
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	3.766s	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
			3.212474576	31.08 8	2138.655746	10.98446

Hasil Percobaan 6, Nilai Velocity Udara (m/s) bukaan katup (50 %)

Sample s	Report	10/11/20 17	15:45:59			
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
			3.424230769	31.07 5	2279.7075	10.9

Hasil Percobaan 1, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (100 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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
	2.98	34.56	33.00	60.88	51.30

Hasil Percobaan 2, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (100 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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
	2.08	34.42	33.00	60.00	51.84

Hasil Percobaan 3, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (100 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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
	2.29	35.89	33.00	60.35	53.83

Hasil Percobaan 4, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (50 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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

Hasil Percobaan 5, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (50 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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
	2.20	35.00	33.00	59.91	53.26

Hasil Percobaan 6, Nilai Water Flow, Suhu 1, Suhu 2, Suhu 3, Dan Suhu 4 bukaan katup (50 %)

Waktu	Water Flow	Suhu 1	Suhu 2	Suhu 3	Suhu 4
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
	2.20	35.11	33.00	59.84	53.14

Lampiran 3

Tabel Mencari nilai Interpolasi (Air)

Table A-9 | Properties of water (saturated liquid).[†]

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	ρ kg/m ³	μ kg/m · s	k W/m · °C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ 1/m ³ · °C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{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	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

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

Tabel Mencari nilai Interpolasi (Udara)

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

Note: For ideal gases, the properties c_p , k , μ , and Pr are independent of pressure. The properties ρ , ν , and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of ρ at the given temperature by P and by dividing ν and α 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 | : Fiki Hanafi Lubis |
| 2. Jenis Kelamin | : Laki – Laki |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : Medan, 07 Januari 1995 |
| 4. Kebangsaan | : Indonesia |
| 5. Status | : Belum Menikah |
| 6. Tinggi / Berat Badan | : 170 cm / 60 kg |
| 7. Agama | : Islam |
| 8. Alamat | : Jl. A.R Hakim Gg Nangka No.34 |
| 9. No. Hp | : +6285837685830/082166516214 |
| 10. Email | : fikihanafi2@gmail.com |

B. Riwayat Pendidikan

- | | |
|----------------|---|
| 1. 2000 – 2006 | : Lulus SD Negeri 060804 Medan |
| 2. 2006 – 2009 | : SMP Swasta Islam Afifiyah Medan |
| 3. 2009 – 2012 | : SMK Swasta Dwi Warna-2 Medan |
| 4. 2013 – 2018 | : Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin S1 |