

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KARAKTERISTIK UNJUK KERJA ALAT PENUKAR**  
**KALOR BERBENTUK PIPA SPIRAL**  
*(Studi Kasus)*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**RICKY GUNAWAN**  
**1307230246**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ricky Gunawan  
NPM : 1307230246  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Studi Karakteristik Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor  
Berbentuk Pipa Spiral  
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2020

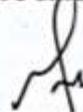
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Khairul Umurani, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II



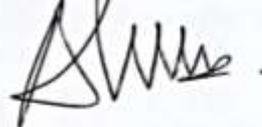
H. Muharnif M.S.T.M.Sc

Dosen Pembimbing I



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

Dosen pembimbing II



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,

Affandi,



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ricky Gunawan  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan /22 november 1994  
NPM : 1307230246  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

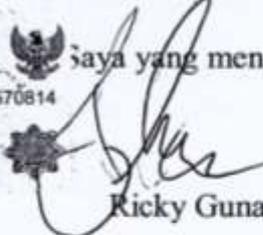
**“Studi Karakteristik Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Berbentuk Pipa Spiral”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, - Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2020

 saya yang menyatakan,  
  
Ricky Gunawan

## KATA PENGANTAR



*Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh*

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayahNya maka penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang mana suda menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Fakultas Tekni Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jurusan Teknik Mesin dalam menyelesaikan Studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis denga bimbingan dari dosen pembimbing merencanakan sebuah ”**STUDI KARAKTERISTIK UNJUK KERJA ALAT PENUKAR KALOR BERBENTUK PIPA SPIRAL**”.

Untuk menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus menerus hadir dan atas kerja kera penulis, dan ataas banyaknya bimbingan dari dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati penuli mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. ALLAH SWT, yang telah memberikan penulis anugerah terindah dalam hidup ini yaitu iman dan taqwa.
2. Kedua orang tua penulis Alm. Bapak **Mahjumi** dan Alm. Ibu **Rosmawati** yang telah memberikan kasih sayangnya yang tak ternilai kepada penuli sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana dan semoga Allah SWT memberikan tempat terbaik di sisi-Nya.
3. Bapak **Munawar Alfansuri Siregar, S.T.M.T.** , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapa diselesaikan dengan baik.
4. Bapak **Khairul Umurani, S.T.,M.T.** , selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik dan selaku Dosen Pembimbing I Teknik Mesin Universita Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak, **H. Muharnif M, S.T., M.Sc.**, selaku Dosen Pembimbing II Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapa diselesaikan dengan baik.
6. Bapak **Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.** , selaku Dosen Pembanding I Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapa diselesaikan dengan baik.
7. Bapak **Sudirman Lubis, S.T., M.T.** , selaku Dosen Pembanding II Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utarayang telah memberikan

bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.

8. Bapak **Affandi S.T.,M.T.**, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
9. Bapak **Chandra A. Siregar**, S.T.,M.T.,selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik..
10. Ka.Lab, Abangda **Sawirman, S.T** , Abangda **Arya Rudi Nasution,S.T**, Abangda **Iqbal Tanjung, S.T.** dan Abangda **Wawan Damanik, S.T.** yang telah membantu dalam proses pembuatan alat.
11. Seluruh staf pengajar dan birokrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Seluruh teman teman B3 Malam, stambuk 2013.

Penulis menyadari tugas sarjana ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan dan kesempurnaan tugas sarjana ini. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis sendiri dan juga semua pembaca. Apabila ada kesalahan, semata-mata kekhilafan penulis, sedangkan kebenaran semuanya hanyalah milik *Allah Subhanallahu wa Ta'ala*.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Medan, September 2020  
Penulis

**RICKY GUNAWAN**  
**1307230246**

## ABSTRAK

Alat penukar kalor merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk pertukaran energi dalam bentuk panas antara fluida yang berbeda temperatur yang dapat terjadi melalui secara kontak tidak langsung. Alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Maka suatu alat penukar kalor ( Heat exchanger) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasional unit. Salah satu karakteristik unjuk kerja dari penukar panas ini adalah efektivitas penukar panas. Pembuatan alat penukar kalor pada penelitian kali ini Jenis aliran adalah aliran silang satu dimensi, rugi-rugi diabaikan karena isolator pada sistem pendingin dianggap sempurna, mengetahui nilai efektivitas yang diukur dengan merubah kecepatan air panas dan dingin. *Spiral Heat Exchanger* (SHE) memiliki efisien terhadap ruang, mudah untuk perbaikan dalam kinerja utama telah di gulung, lebih murah rendah biaya modal Alternatif atas dan, rendah biaya energi. bawah yang dilas dan Aplikasi setiap ujungnya ditutup. Sedangkan *Shell and Tube* memiliki *Thermal performance* lebih tinggi dari tip HE lain, Tekanan lebih tinggi, Efisiensi tinggi, Memerlukan tempat yang minim dan mudah dirawat, Mudah beradaptasi hampir semua tipe *liquid chilling*, dan hasil terbaik dalam uji aliran transisi pada speed 2 bukaan 50% dengan Nilai Reynold udara mencapai 2235,28471.

**Kata Kunci : pipa spiral, perpindahan panas, fluida**

## **ABSTRACT**

A calorific exchanger is an equipment used for the exchange of energy in the form of heat between different temperature fluids that can occur through indirect contact. Calorific exchanger tool is very influential in the industry on the overall success of the entire process circuit, because the failure of operation of this tool either due to mechanical and operational failure can lead to the stop of unit operation. Then a calorific exchanger (Heat exchanger) is required to have good performance in order to get maximum results and can fully support a unit operation. One of the characteristics of this heat exchanger is the effectiveness of heat exchanger. The manufacture of calorific exchanger in this study Type of flow is one-dimensional crossflow, losses are ignored because insulators in the cooling system are considered perfect, knowing the effectiveness value measured by changing the speed of hot and cold water. Spiral Heat Exchanger (SHE) has efficient against space, easy to repair in the main performance has been rolled, cheaper lower cost capital Alternatives over and lower, energy costs. welded bottom and the Application at each end is closed. While Shell and Tube have higher Thermal performance than other HE types, Higher pressure, High efficiency, Requires minimal and easy to nurse, Adaptable to almost any type of liquid chilling, and the best in the transition flow test at a speed of 250% openings with the Reynold value of air reaching 2235.28471.

**Keywords :** *spiral pipe, heat transfer, fluids*

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Metode Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Dasar Teori Alat Penukar Kalor .....	5
2.1.1 Definisi Heat Exchanger .....	5
2.1.2 Alat Penukar Kalor .....	6
2.2 Jenis – Jenis Perpindahan Panas .....	7
2.2.1 Konduksi .....	7
2.2.2 Konveksi .....	7
2.2.3 Radiasi .....	8
2.3 Jenis – Jenis Exchanger .....	8
2.3.1 Berdasarkan Konstruksi .....	8
2.3.2 Berdasarkan Susunan Aliran Fluida .....	12
2.4 Alat Penukar Panas Shell dan Tube .....	15
2.5 Perhitungan Nilai Efektivitas Exchanger .....	19
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	21
3.1.1 Tempat .....	21
3.1.2 Waktu .....	21
3.2 Rancangan Alat Penelitian .....	21
3.3 Bahan dan Alat .....	22
3.3.1 Bahan .....	22
3.3.3 Alat Penguji .....	23
3.5 Skema Uji Eksperimental .....	31
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1 Data Hasil Studi Eksperimental .....	33
4.2 Perhitungan Data Hasil Studi Eksperimental .....	33
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penukar Panas Pipa Rangkap .....	9
Gambar 2.2	Penukar Panas Plate dan Frame .....	10
Gambar 2.3	Penukar Panas Spiral .....	11
Gambar 2.4	Penukar Panas Shell dan Tube .....	12
Gambar 2.5	Penukar Kalor Tipe Aliran Berlawanan .....	13
Gambar 2.6	Penukar Kalor Tipe Aliran Sejajar .....	14
Gambar 2.7	Penukar Kalor Tipe Aliran Silang .....	14
Gambar 2.8	Bagian Heat Exchanger Tipe U– bend .....	15
Gambar 2.9	Jenis Shell Berdasarkan Tema .....	16
Gambar 2.10	Jenis – Jenis Tube Pitch .....	17
Gambar 3.3	Sub Sonic Wine Tunnel .....	23
Gambar 3.4	Blower .....	24
Gambar 3.5	Pompa Air.....	25
Gambar 3.6	Katup By Pass .....	26
Gambar 3.7	Hot Ware Anemometre .....	26
Gambar 3.8	Tabung Pivot .....	27
Gambar 3.9	Tangki Pemanas dan Heaters .....	27
Gambar 3. 10	Water Flow Sensor .....	28
Gambar 3.11	Relay .....	28
Gambar 3.12	Sensor Tempature LM 35 .....	29
Gambar 3.13	Arduino Uno .....	30
Gambar 3.14	Laptop .....	30
Gambar 3.16	Skema Uji Eksperimental .....	31
Gambar 4.1	Diameter Pipa Tembaga .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian .....	22
Tabel 3.2	Parameter Proto Tipe APK Tipe Pipa Spiral .....	23
Tabel 4.1	Data Arduino Tipe Pipa Spiral .....	35

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Alat penukar kalor sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanikal maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Maka suatu alat penukar kalor ( Heat exchanger) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu operasional unit. Salah satu karakteristik unjuk kerja dari penukar panas ini adalah efektivitas penukar panas.

Pada pengujian ini penukar kalor yang digunakan adalah Penukar Kalor tipe Plat (Plate Heat Exchanger) dengan bahan dasar aluminium, Plate heat exchanger ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan penukar kalor tipe yang lainnya, yaitu kemudahan alat ini untuk dibuka dan dilepaskan dari rangkainnya sehingga memungkinkan pembersihan dan perawatan yang lebih baik dan mudah. Selain daripada itu, alat ini juga cocok digunakan untuk fluida cair dengan nilai viskositas tinggi atau nilai turbulensi rendah, sebab mempunyai permukaan perpindahan panas yang bergelombang sehingga menyebabkan turbulensi dari aliran fluida menjadi lebih tinggi dan otomatis perpindahan panas yang terjadi akan lebih efisien walaupun 2 perbedaan temperatur antara fluida panas dengan fluida dingin tidak terlalu jauh, tetapi dalam penelitian ini kita menggunakan plat dengan permukaan rata.

Untuk mendapatkan efisiensi dari penukar panas dilakukan dengan cara meningkatkan luas permukaan perpindahan panas, dan dengan jarak antar plat

(rongga) yang tidak terlalu jauh. Maka dalam penelitian bertujuan untuk meneliti efektivitas dari penukar kalor yang mempunyai dimensi 330mm x 330mm dengan jarak antar plat 15mm, dan mengetahui efektivitas dari penukar kalor tersebut pada aliran silang arah (cross flow) serta akan dilakukan variasi, temperature (temperature yang diuji adalah( 50°C, 60°C, 70°C ), dan debit dari fluida yang bekerja pada penelitian ini. Adapun fluida panas digunakan dalam pengujian ini didapat dari air yang dipanaskan menggunakan kompor gas dan fluida dingin yaitu menggunakan air biasa.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Sesuai dengan uraian diatas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu :

1. Bagaimanakah jenis perpindahan panas yang terjadi ?
2. Bagaimanakah jenis aliran yang dipakai pada penelitian ini ?
3. Apakah nilai efektivitasnya telah sesuai yang diinginkan pada penelitian ini berdasarkan standart yang ada ?

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, analisa dilakukan dengan memberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Perpindahan panas terjadi secara konveksi paksa.
2. Jenis aliran adalah aliran silang (cross flow) satu dimensi.
3. Rugi-rugi diabaikan karena isolator pada sistem pendingin dianggap sempurna.

4. Mengetahui nilai efektivitas yang diukur dengan merubah kecepatan air panas dan dingin.
5. Pada saat pengambilan data, system dianggap telah berada pada kondisi tunak (steady state).
6. Jumlah plat yang digunakan adalah 7 buah.

#### **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui efektivitas Plate Heat Exchanger pada aliran silang (cross flow), material aluminium yang berdimensi 330mm x 330mm dengan rongga antar plat 1 5m.
2. Untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor menyeluruh Plate Heat Exchanger pada aliran silang (cross flow).

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Sebagai sumber informasi berkaitan dengan alat penukar kalor pada pipa spiral
2. Meningkatkan kualitas peneltian dan penulisan tentang plate hea exchanger
3. Memberi tambahan referensi dibidang analisa maupun mata kuliah

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang dipakai untuk melengkapi data pada penulisa tugas sarjana ini adalah :

1. Studi Pustaka dilakukan untuk memahami teori-teori dan rumusan yang mendasari topik permasalahan yang akan digunakan sebagai dasar analisa dan perhitungan sehingga tujuan dari pembuatan tugas sarjana ini dapat tercapai. Studi pustaka ini dilakukan dengan membaca berbagai literatur yang berhubungan dengan penelitian ini, baik buku-buku teks, jurnal, maupun tugas sarjana.
2. Asistensi dan Konsultasi Langkah ini dilakukan dengan cara konsultasi mengenai materi Tugas Sarjana dengan dosen pembimbing Tugas sarjana.
3. Pengujian dan Pengambilan Data Data pengujian diperoleh dari alat uji sistem pendingin flat plate heat exchanger.
4. Perhitungan dan Analisa Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung efektivitas dan melakukan analisa.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUS TAKA**

#### **2.1. Dasar Teori alat penukar kalor**

##### 2.1.1 Definisi Heat Exchanger

Menurut Yunus A. Cengel (dalam Heat Transfer : A Practical Approach 2nd ed., 2003:667) heat exchanger merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk memindahkan panas antara dua fluida yang memiliki temperatur berbeda tanpa terjadinya pencampuran antara fluida yang satu dengan yang lain. Proses tersebut dimanfaatkan untuk memindahkan kalor dari fluida bersuhu tinggi menuju fluida bersuhu rendah pada suatu sistem, yang biasanya berfungsi sebagai pendingin ataupun pemanas. Dalam penerapannya, heat exchanger digunakan diberbagai sektor mulai dari pemanas maupun pendingin ruangan sampai sebagai alat yang digunakan dalam instalasi-instalasi produksi tenaga pembangkit. Perpindahan panas yang terjadi pada heat exchanger biasanya merupakan perpindahan kalor secara konveksi antara fluida satu dengan fluida yang lain dan perpindahan kalor secara konduksi yang terjadi pada dinding yang memisahkan kedua fluida. Dalam analisa perhitungan kerja heat exchanger, akan lebih mudah dilakukan dengan menghitung koefisien perpindahan kalor total ( $U$ ) dari keseluruhan cara perpindahan kalor yang terjadi dalam sistem kerja heat exchanger. Besar perpindahan panas yang terjadi antara dua fluida dalam suatu fase pada heat exchanger ditentukan berdasarkan besarnya perbedaan temperatur  $\Delta T$  pada fase tersebut, yang mana bervariasi sepanjang siklus yang terjadi didalam heat exchanger. Dengan menggunakan metode logarithmic mean temperature

difference (LMTD), maka dapat dihitung rata-rata perbedaan temperatur keseluruhan antara dua fluida didalam heat exchanger.

### 2.1.2 Alat Penukar kalor (Heat Exchanger)

Penukar kalor banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan di industri. Sebagai contoh dalam kehidupan sehari-hari sering dipergunakan peralatan masak memasak yang semuanya sebenarnya merupakan alat penukar kalor. Di dalam mobil maupun alat transportasi lainnya banyak dijumpai radiator maupun alat pengkondisi udara kabin, yang keduanya juga merupakan penukar kalor. Di industri, banyak sekali peralatan penukar kalor seperti ketel uap (boiler), pemanas lanjut (super heater), pendingin oli pelumas (oil cooler), kondenser (condenser), dan lain-lain.

Jika ditinjau dari fungsinya, semua penukar kalor sebenarnya sama fungsinya yaitu menukarkan energi yang dimiliki oleh suatu fluida atau zat ke fluida atau zat lainnya. Secara umum ada 2 tipe penukar panas, yaitu:

a. Tipe kontak langsung Tipe kontak langsung adalah tipe alat penukar kalor dimana antara dua zat yang dipertukarkan energinya dicampur atau dikontakkan secara langsung. Dengan demikian ciri khas dari penukar kalor seperti ini (kontak langsung) adalah bahwa kedua zat yang dipertukarkan energinya saling berkontak secara langsung (bercampur) dan biasanya kapasitas energi yang dipertukarkan relatif kecil.

b. Tipe tidak kontak langsung Tipe tidak kontak langsung adalah tipe alat penukar kalor dimana antara kedua zat yang dipertukarkan energinya dipisahkan oleh permukaan bidang padatan seperti dinding pipa, pelat, dan lain sebagainya

sehingga antara kedua zat tidak tercampur. Untuk meningkatkan efektivitas pertukaran energi, biasanya bahan permukaan pemisah dipilih dari bahan-bahan yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi seperti tembaga dan aluminium. Dengan bahan pemisah yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi diharapkan tahanan termal bahan tersebut akan rendah sehingga seolah-olah antara kedua zat yang saling dipertukarkan energinya seperti kontak langsung.

## **2.2. Jenis-Jenis Perpindahan Panas**

### **2.2.1 Konduksi**

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui satu jenis zat sehingga konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya terjadi didalam bahan. Arah aliran energi kalor adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah. (Dewitt, 2002)

### **2.2.2 Konveksi**

Proses perpindahan kalor secara aliran atau konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi dipermukaan bahan. Jadi dalam proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama. Konveksi hanya dapat terjadi melalui zat yang mengalir, maka bentuk pengangkutan kalor ini hanya terdapat pada zat cair dan gas. Pada pemanasan zat ini terjadi aliran, karena massa yang akan dipanaskan tidak sekaligus dibawa ke suhu yang sama tinggi. Oleh karena itu bagian yang paling banyak atau yang pertama dipanaskan memperoleh massa jenis yang lebih kecil daripada bagian

massa yang lebih dingin. Sebagai akibatnya terjadi sirkulasi, sehingga kalor akhirnya tersebar pada seluruh zat. (Dewitt, 2002).

### 2.2.3 Radiasi

Radiasi melibatkan perpindahan energi pancaran dari sumber ke penerima. Ketika radiasi diekluarkan dari sumber ke penerima, bagian dari energi tersedot oleh penerima dan dipantulkan olehnya. 7 Proses perpindahan kalor sering terjadi secara serentak. Misalnya sekeping plat yang dicat hitam kemudian dike nakan dengan sinar matahari. Plat akan menyerap sebagian energi matahari. Suhu plat akan naik ke satu tahap tertentu. Oleh karena suhu permukaan atas naik maka kalor akan berkonduksi dari permukaan atas ke permukaan bawah. Permukaan bagian atas kini mempunyai suhu yang lebih tinggi dari suhu udara sekeliling, maka jumlah kalor akan disebarkan secara konveksi. Tetapi energi kalor juga disebarkan secara radiasi. Dalam hal ini dua hal terjadi, ada kalor yang dipantulkan dan ada kalor yang dipindahkan ke sekeliling. (Kern, 1950)

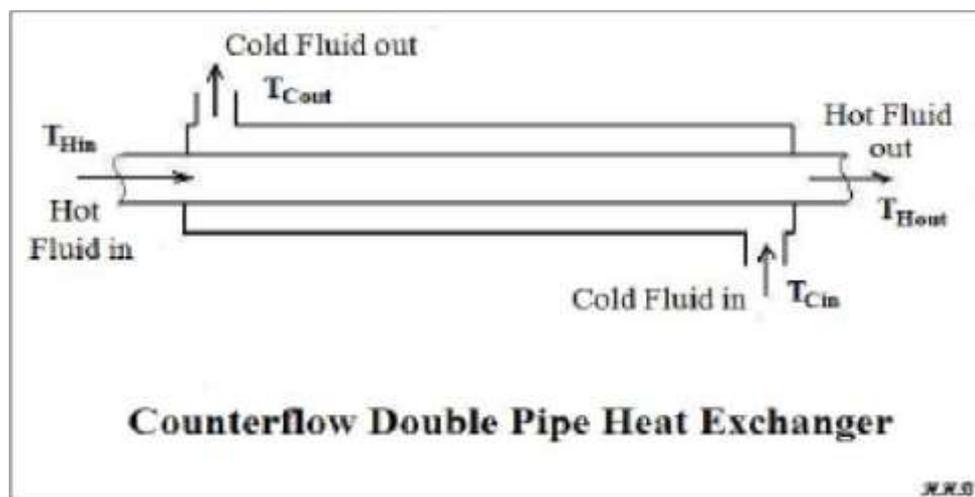
## 2.3 Jenis – Jenis Heat Exchanger

### 2.3.1 Berdasarkan Konstruksi

#### a. Penukar panas pipa rangkap (double pipe heat exchanger)

Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam standart yang dikedua ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat. Fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan 9 fluida kedua mengalir di dalam ruang anulus antara pipa luar dengan pipa dalam. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang

tinggi. Double pipe heat exchanger atau concentric tube heat exchanger yang ditunjukkan pada gambar dibawah di mana suatu aliran fluida dalam pipa mengalir dari titik A ke titik B, dengan space berbentuk U yang mengalir di dalam pipa. Cairan yang mengalir dapat berupa aliran cocurrent atau countercurrent. Alat pemanas ini dapat dibuat dari pipa yang panjang dan dihubungkan satu sama lain hingga membentuk U. Double pipe heat exchanger merupakan alat yang cocok dikondisikan untuk aliran dengan laju aliran yang kecil.

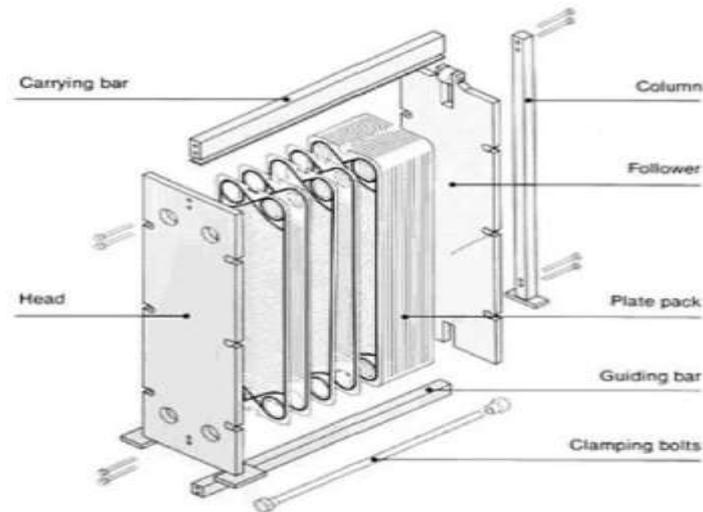


Gambar 2.1. Penukar panas pipa rangkap

b. Penukar panas plate and frame (plate and frame heat exchanger)

Alat penukar panas pelat dan bingkai penukar panas pelat dan bingkai terdiri dari paket pelat – pelat tegak lurus, bergelombang, atau profil lain. Pemisah antara pelat tegak lurus dipasang penyekat lunak (biasanya terbuat dari karet). Pelat - pelat dan sekat disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat 10 (kebanyakan 10 segiempat) terdapat lubang pengalir fluida. Melalui dua dari lubang ini, fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi

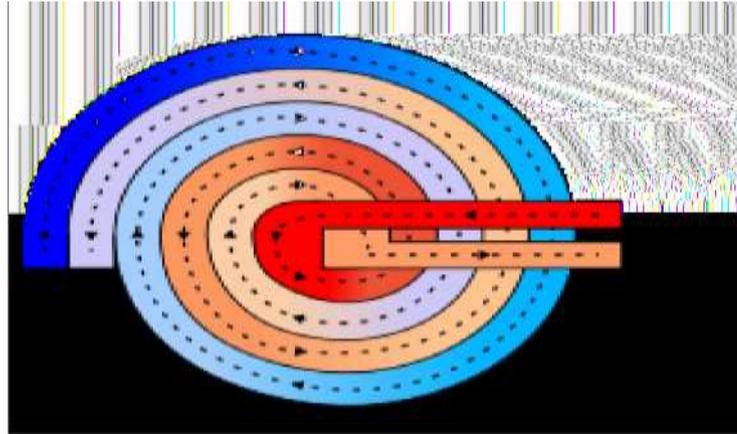
sebelahnya karena ada sekat. Heat exchanger jenis ini tidak cocok untuk digunakan pada tekanan fluida kerja yang tinggi, dan juga pada diferensial temperatur fluida yang tinggi pula.



Gambar 2.2. Penukar panas plate and frame

c. Tipe spiral (spiral heat exchanger)

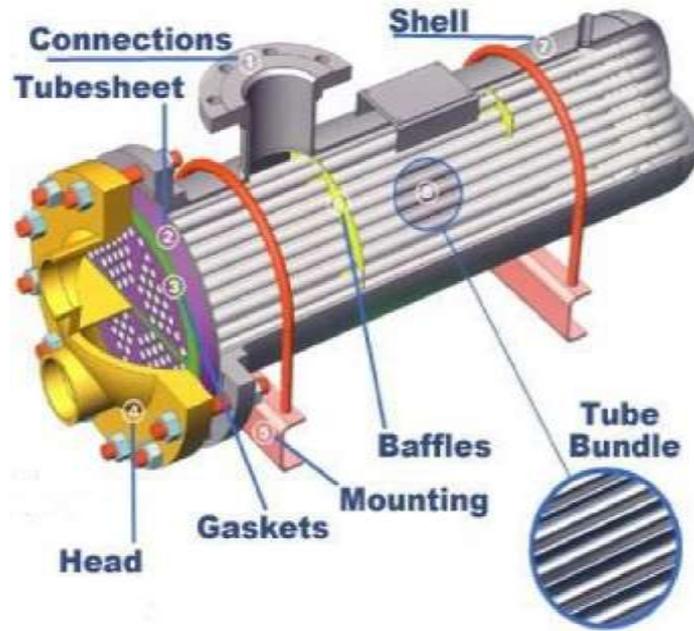
Penukar kalor tipe spiral arah aliran fluida menelusuri pipa spiral dari luar menuju pusat spiral atau sebaliknya dari pusat spiral menuju ke luar. Permukaan perpindahan kalor efektif adalah sama dengan ,dinding spiral sehingga sangat tergantung pada lebar spiral dan diameter serta berapa jumlah spiral yang ada dari pusat hingga diameter terluar.



Gambar 2.3. Penukar panas spiral

d. Tipe tabung dan pipa (*shell and tube heat exchanger*)

Jenis ini terdiri dari suatu tabung dengan diameter cukup besar yang di dalamnya berisi seberkas pipa dengan diameter relatif kecil. Alat penukar panas ini terdiri atas suatu bundel pipa yang dihubungkan secara parallel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel (cangkang). Fluida yang satu mengalir di dalam bundel pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan. Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, biasanya pada alat penukar panas cangkang dan buluh dipasang sekat (baffle). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar *pressure drop* operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur.



Gambar 2.4. Penukar panas shell and tube

### 2.3.2 Berdasarkan Susunan Aliran Fluida

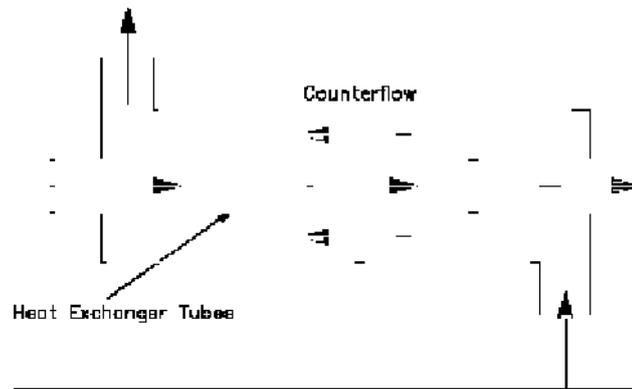
Berdasarkan susunan aliran fluida yang dimaksud di sini adalah berapa kali fluida mengalir sepanjang penukar kalor sejak saat masuk hingga meninggalkannya serta bagaimana arah aliran relatif antara kedua fluida (apakah sejajar/parallel atau berlawanan/bersilangan). Berdasarkan berapa kali fluida melalui penukar kalor dibedakan jenis satu laluan dan banyak laluan.

Pada jenis satu laluan, masih terbagi ke dalam tiga tipe berdasarkan arah aliran dari fluida yaitu:

#### a. Penukar kalor tipe aliran berlawanan

Penukar kalor tipe aliran berlawanan yaitu bila kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan. Pada tipe ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar penukar kalor lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan kalor saat meninggalkan penukar

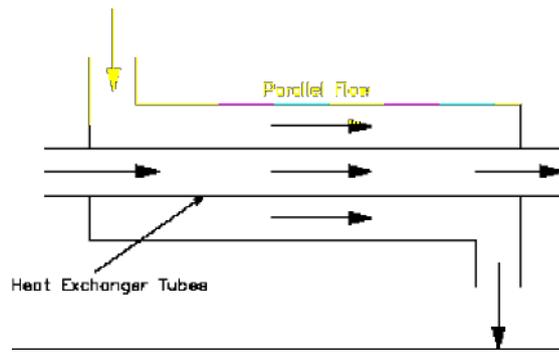
kalor. Bahkan idealnya apabila luas permukaan perpindahan kalor adalah tak berhingga dan tidak terjadi kebocoran kalor kelingkuangan, maka temperatur fluida yang menerima kalor saat keluar dari penukar kalor bisa menyamai temperatur fluida yang memberikan kalor saat memasuki penukar kalor. Dengan teori seperti ini jenis penukar kalor berlawanan arah merupakan penukar kalor yang paling efektif.



Gambar 2.5. Penukar kalor tipe aliran berlawanan

#### b. Penukar kalor tipe aliran sejajar

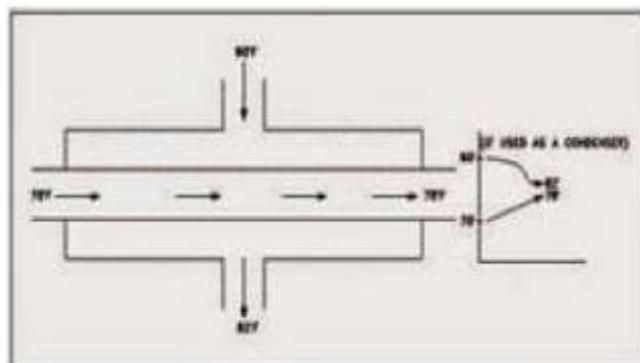
Penukar kalor tipe aliran sejajar yaitu bila arah aliran dari kedua fluida di dalam penukar kalor adalah sejajar. Artinya kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain. Pada jenis ini temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar. Dengan demikian temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor saat keluar dari penukar kalor. Jenis ini merupakan penukar kalor yang paling tidak efektif



Gambar 2.6. Penukar kalor tipe aliran sejajar

c. Penukar kalor dengan aliran silang

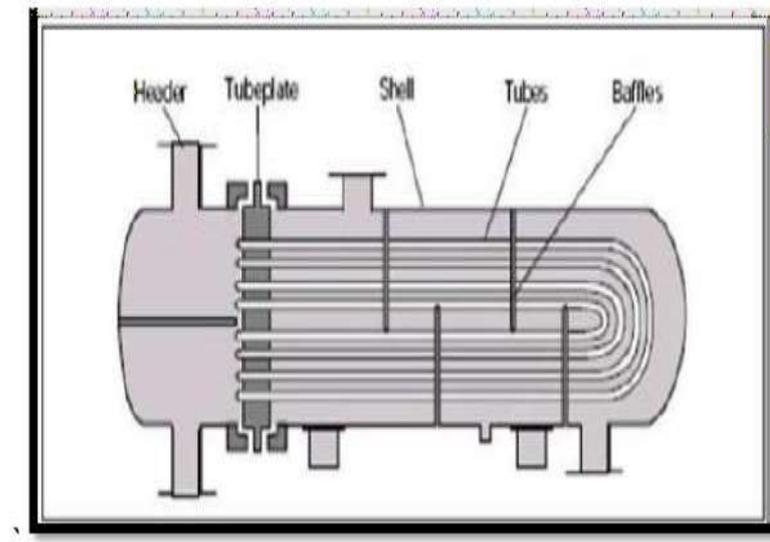
Penukar kalor dengan aliran silang yaitu bila arah aliran kedua fluida saling bersilangan. Apabila ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada diantara kedua jenis di atas. Contoh yang sering ditemui adalah radiator mobil dimana arah aliran air pendingin mesin yang memberikan energinya ke udara saling bersilangan. Dalam kasus radiator mobil, udara melewati radiator dengan temperatur rata-rata yang hampir sama dengan temperatur udara lingkungan kemudian memperoleh kalor dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda untuk kemudian bercampur lagi setelah meninggalkan radiator sehingga akan mempunyai temperatur yang hampir seragam.



Gambar 2.7. Penukar kalor tipe aliran silang

## 2.4 Alat Penukar Panas Shell and Tube

Tipe heat exchanger yang paling umum digunakan dalam industri adalah tipe shell and tube. Heat exchanger tipe shell and tube terdiri dari kumpulan tube didalam suatu shell. Satu fluida mengalir di dalam tube sedang fluida yang lain mengalir di ruang antara bundle tube dan shell.

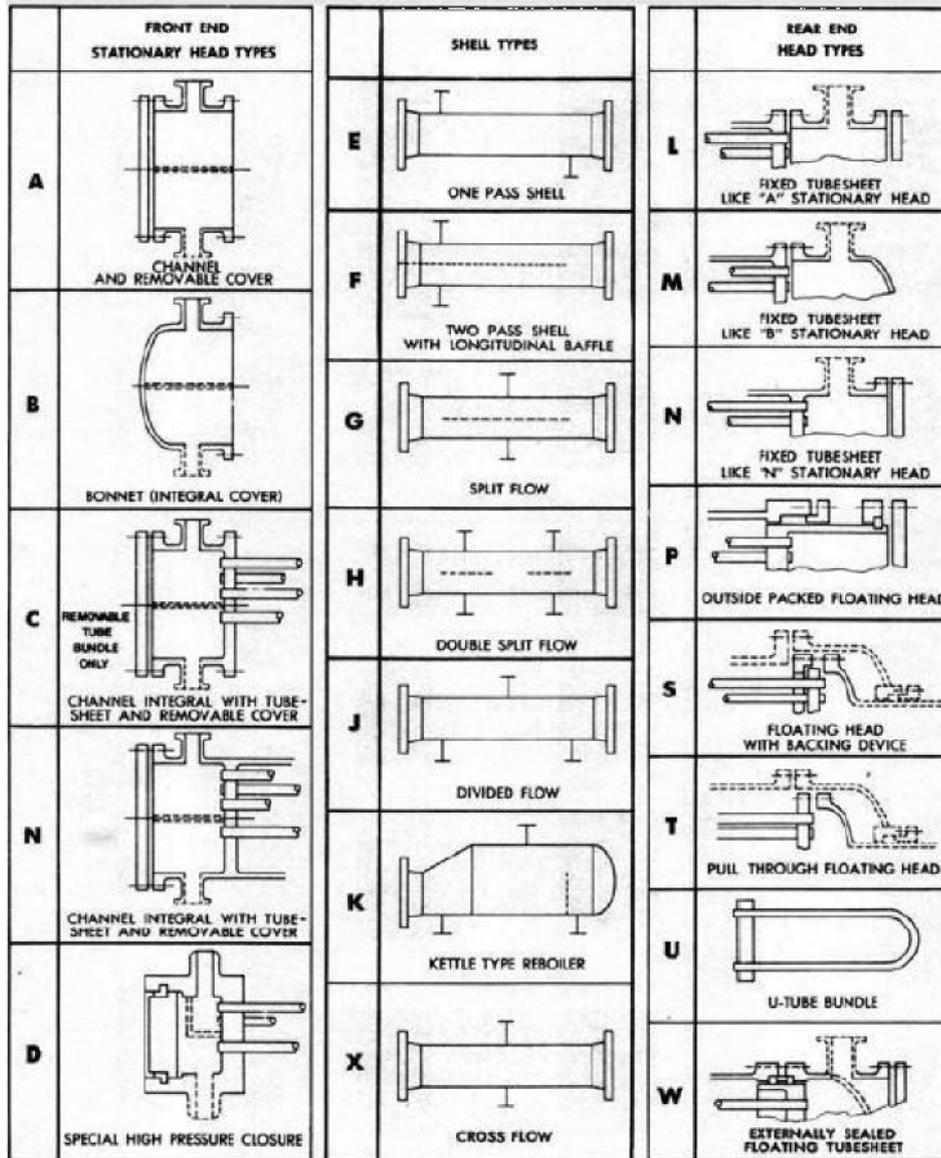


Gambar 2.8. Bagian heat exchanger tipe U-Bend

Komponen penyusun Heat Exchanger jenis Shell and Tube adalah: a.

Shell

Merupakan bagian tempat untuk tube bundle. Antara shell and tube bundl terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas, yang dimaksud deng lintasan shell adalah lintasan yang dilakukan oleh fluida yang mengalir ke da melalui saluran masuk (inlet nozzle) melewati bagian dalam shell d mengelilingi tube kemudian keluar melalui saluran keluar (outlet nozzle).



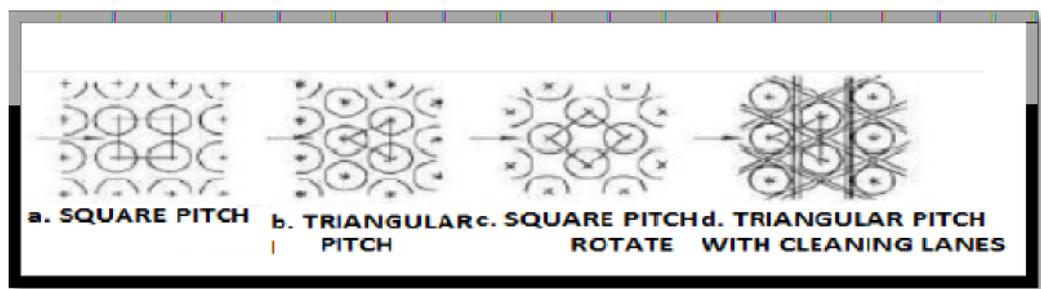
Gambar 2.9. Jenis shell berdasarkan TEMA

b. Tube

Diameter dalam tube merupakan diameter dalam actual dalam ukuran inch dengan toleransi yang sangat cepat. Tube dapat diubah dari berbagai jenis logam, seperti besi, tembaga, perunggu, tembaga-nikel, aluminium perunggu, aluminium dan stainless steel. Ukuran ketebalan pipa berbeda-beda dan dinyatakan dalam bilangan yang disebut Birmingham Wire Gage (BWG). Ukuran pipa yang secara umum digunakan biasanya mengikuti ukuran-ukuran yang telah baku, semakin

besar bilangan BWG, maka semakin tipis tubenya. Jenis-jenis tube pitch yang utama adalah :

1. Square pitch
2. Triangular pitch
3. Square pitch rotated
4. Triangular pitch with cleaning lanes



Gambar 2.10. Jenis – jenis tube pitch

#### c. Baffle

Baffle digunakan untuk mengatur aliran lewat shell sehingga turbulensi yang lebih tinggi akan diperoleh. Adanya baffle dalam shell menyebabkan arah aliran fluida dalam shell akan memotong kumpulan tubes secara tegak lurus, sehingga memungkinkan pengaturan arah aliran dalam shell maka dapat meningkatkan kecepatan liniernya, sehingga akan meningkatkan harga koefisien perpindahan panas lapisan fluida di sisi shell.

Baffle juga berfungsi untuk menahan tube bundle untuk menahan getaran pada tube dan untuk mengontrol serta mengarahkan aliran fluida yang mengalir di luar tube sehingga turbulensi yang lebih tinggi akan diperoleh, dengan adanya turbulensi aliran maka koefisien perpindahan panas juga akan meningkat.

1. Penentuan heat duty (Q) yang diperlukan penukar kalor yang direncanakan harus memenuhi atau melebihi syarat ini.
2. Menentukan ukuran (size) alat penukar kalor dengan perkiraan yang masuk akal untuk koefisien perpindahan kalor keseluruhannya.
3. Menentukan fluida yang akan mengalir di sisi tube atau shell. Biasanya sisi tube direncanakan untuk fluida yang bersifat korosif, beracun, bertekanan tinggi, atau bersifat mengotori dinding. Hal ini dilakukan agar lebih mudah dalam proses pembersihan atau perawatannya.
4. Langkah selanjutnya adalah memperkirakan jumlah tube yang digunakan dengan menggunakan rumus :

$$A = Nt (\pi) L,$$

standar yang diizinkan, dan penurunan tekanan di sisi tube dan shell. (Bizzy dan Setiadi, 2013)

## **2.5 Perhitungan Nilai Efektivitas Heat Exchanger**

Untuk menentukan efektivitas dari penukar panas kita perlu menemukan perpindahan panas maksimum yang mungkin yang dapat diduga dicapai dalam penukar panas kontra-aliran panjang tak terbatas. Oleh karena itu salah satu cairan akan mengalami perbedaan suhu maksimum yang mungkin, yang merupakan perbedaan suhu antara suhu masuk dari arus panas dan suhu inlet aliran dingin. Hasil metode dengan menghitung harga kapasitas panas (laju aliran massa yaitu dikalikan dengan panas spesifik  $C_h$  dan  $C_c$  untuk cairan panas dan dingin masing-masing, dan yang menunjukkan yang lebih kecil sebagai  $C_{min}$ . Alasan untuk memilih tingkat kapasitas panas yang lebih kecil adalah untuk menyertakan perpindahan panas maksimum antara cairan bekerja selama perhitungan.

Untuk mendefinisikan efektivitas suatu penukar kalor, laju perpindahan kalor maksimum yang mungkin terjadi,  $q_{max}$  untuk penukar kalor itu harus ditentukan terlebih dahulu.

Untuk menentukan laju perpindahan kalor maksimum pada suatu penukar kalor, pertama tama harus dipahami terlebih dahulu bahwa nilai maksimum akan didapat bila salah satu fluida mengalami perubahan temperatur sebesar beda temperatur maksimum yang terdapat dalam penukar kalor itu, yaitu selisih antara temperatur masuk fluida panas ( $T_{hi}$ ) dan fluida dingin ( $T_{ci}$ ). Fluida yang mengalami beda temperatur maksimum adalah fluida yang kapasitas kalornya minimum, karena kesetimbangan energi menyaratkan bahwa energi yang diterima

oleh fluida satu harus sama dengan energi yang dilepaskan oleh fluida yang satu lagi. Jika fluida yang mempunyai nilai kapasitas yang lebih besar mengalami beda temperatur maksimum, maka fluida yang satu lagi akan mengalami perubahan temperatur yang lebih besar dari maksimum, dan ini tentu saja tidak mungkin.

Efektifitas suatu penukar kalor didefinisikan sebagai rasio antara laju perpindahan kalor sebenarnya untuk suatu penukar kalor terhadap laju perpindahan kalor maksimum yang mungkin. Secara umum efektifitas dapat dinyatakan sebagai berikut:

**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1. Tempat dan Waktu**

**3.1.1. Tempat**

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

**3.1.2. Waktu**

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 3 Oktober 2017 sampai tanggal 30 April 2018 dan terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2020				
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus September
1	Study literatur					
2	Perancangan alat					
3	Pengujian alat dan simulasi alat					
4	Revisi pembuatan alat					
					5	
6	Penulisan laporan				Pengujian akhir	

**3.2. Rancangan Alat Penelitian**

Rancangan APK yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan atas perhitungan awal secara teoritis dan memilih dimensi yang sesuai dengan variabel yang diharapkan. Perhitungan tersebut dapat diuraikan dengan data-data

asumsi yang dipilih dan ditetapkan. Untuk hasil perhitungan awal APK dilakukan secara manual dan bantuan software yang dikembangkan untuk menghitung perancangan dan menghitung hasil penelitian. Dimensi utama (data konstruksi) APK tipe kompak yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2. Tabel 3.2. Parameter prototipe APK tipe pipa spiral

Parameter	Simbol	Ukuran
Diameter tabung	$D_t$	12,7 mm
Tebal pipa	$t_p$	0,8 mm
Panjang tabung	$L_t$	120 mm
Jumlah tabung	$N_t$	25 buah
Ketebalan sirip	$t_f$	0,3 mm
Jarak antara sirip	$P_f$	10 mm
Lebar sirip	$W_f$	30 mm
Panjang sirip	$L_f$	30 mm
Jumlah Sirip	$N_f$	175 buah

### 3.3 Bahan dan Alat

#### 3.3.1 Bahan

Bahan-bahan penelitian yang akan dirakit terdiri atas:

1. Tabung tembaga
2. Pelat aluminium sebagai bahan sirip dan winglet
3. Lem *silicon* sebagai bahan perekat (kebocoran dan lain-lain)
4. Selang plastik yang tahan panas untuk alat ukur tekanan
5. Pipa *cast iron*  $1\frac{1}{2}$  "
6. Triplek dengan tebal 10 mm sebagai isolasi kalor untuk tangki air
7. Paking tahan panas tebal 2 mm

### 3.3.3 Alat Penguji

Alat yang dipergunakan pada Studi eksperimental ini terdiri atas:

1. *Sub Sonic Wind tunnel.*

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



Gambar 3.3 *Sub Sonic Wind tunnel*

2. *Blower* (kipas)

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

- a. Tipe : *Centrifugal Air Blower 3* “
- b. Daya,  $P = 370 \text{ W}$ ,
- c. Tegangan,  $V = 220 \text{ V}$

- d. Putaran  $N = 2800$  rpm
- e. Kapasitas,  $Q = 8,5$  m<sup>3</sup>/menit



Gambar 3.4 Blower

### 3. Pompa Air

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

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



**Gambar 3.5 Pompa Air**

4. Katup *Bypass*

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



Gambar 3.6 Katup *bypass*

5. *Hot Wire Anemometer*

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

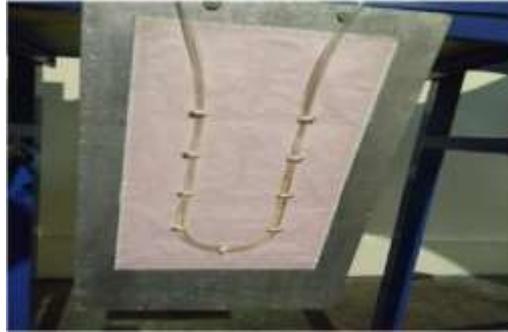


Gambar 3.7 *Hot Wire Anemometre*

6. Tabung Pitot (Manometer Pipa U)

Tabung Pitot (Manometer Pipa U) digunakan untuk mengukur *Pressure* udara yang terjadi dalam ruang uji pada saat pengujian

berlangsung. Tabung Pitot (Manometer Pipa U ) dipasangkan tepat ditengah dari *Sub Sonic Wind Tunnel*.



Gambar 3.8 Tabung Pitot ( Manometer Pipa U)

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

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



Gambar 3.9 Tangki Pemanas Dan *Heater*

8. *Water flow sensor*

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



Gambar 3.10 *Water Flow sensor*

9. *Relay*

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

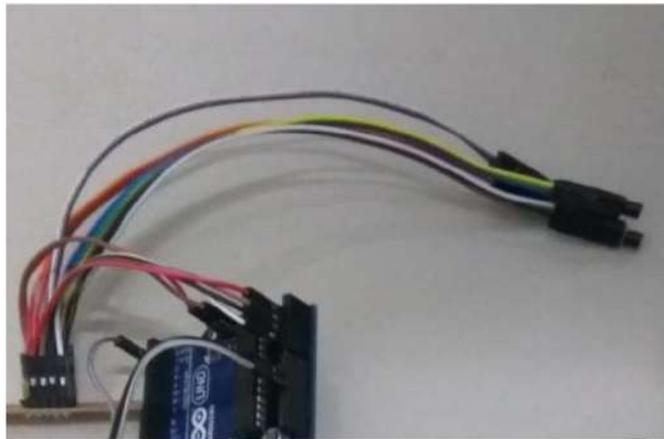


Gambar 3.11 *Relay*

#### 10. Sensor Temperatur LM35

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

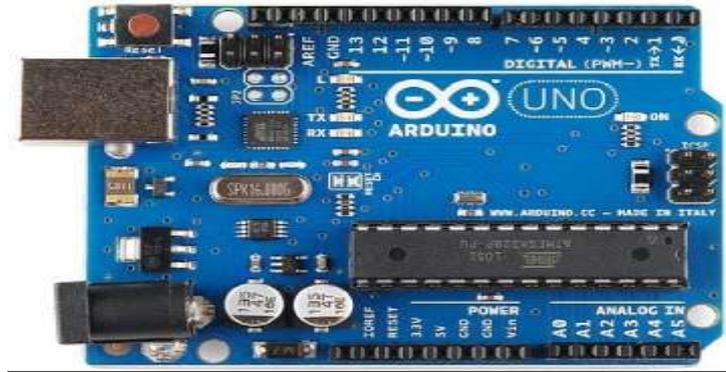
- a. Pipa input air *Heat exchanger*,
- b. Pipa *Output* air *Heat exchanger*.
- c. Saluran udara sebelum *Heat Exchanger* didalam ruang uji, dan
- d. Saluran udara sesudah *heat exchanger* didalam ruang uji.



Gambar 3.12 Sensor Temperatur LM3 5

#### 11. *Arduino Uno*

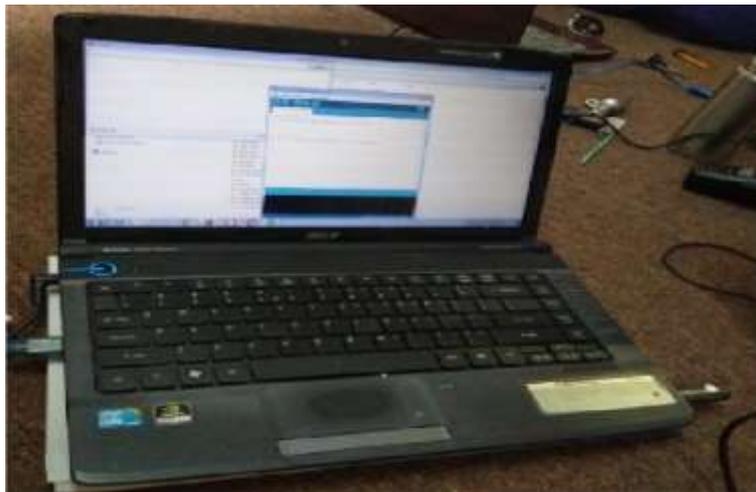
*Arduino Uno* adalah *Board Microcontroler* yang digunakan sebagai pemrograman data untuk pemasangan *Sensor Temperatur LM35* dan *Water Flow Sensor* yang kemudian di tampilkan ke dalam komputer.



Gambar 3.13. *Arduino Uno*

## 12. Laptop

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



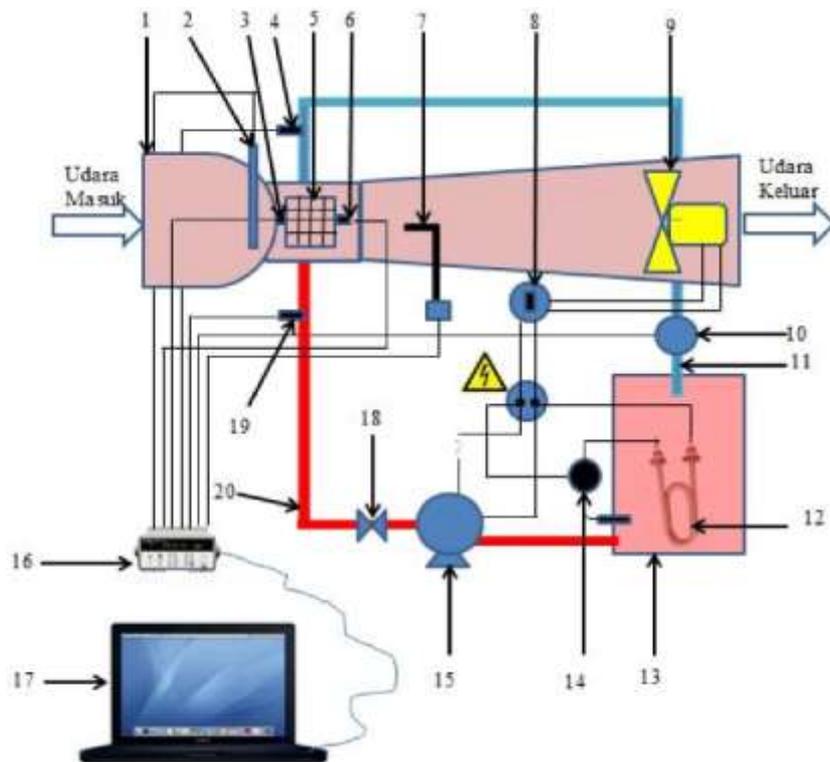
Gambar 3.14 Laptop

### 3.5. Skema uji Eksperimental

Berikut ini adalah skema uji Eksperimental:

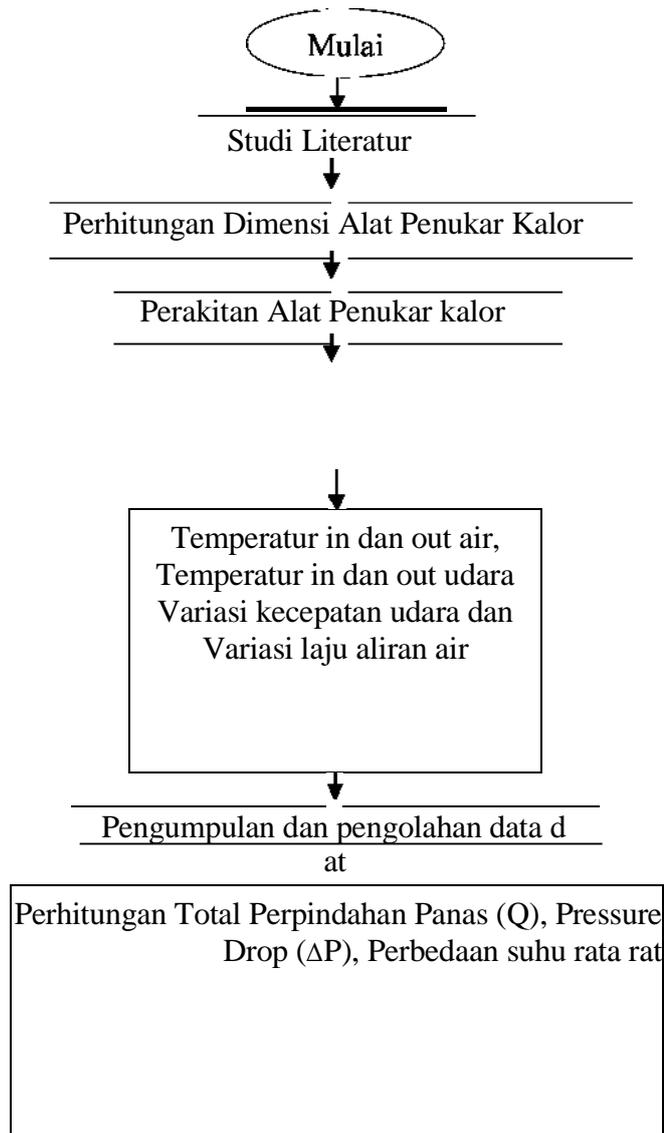
Keterangan :

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



Gambar 3.16 Skema uji Eksperimental

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.16 Diagram Aliran Studi Eksperimental

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Data Hasil Studi Eksperimental

Dari hasil studi eksperimental diperoleh data berdasarkan tabel 4.1 :

Tabel 4.1 data hasil pengujian pipa spiral

Waktu Pengujian (Detik)	Speed Kipas	Bukaan Katup (%)	Water Flow air (l/min)	T udara OUT (°C)	T udara IN (°C)	T air IN (°C)	T air OUT (°C)	Velocity udara (m/s)	
1	60	1	100	1,87	34,45	30	60,07	50,49	2,87
2	60	2	100	1,39	33,39	31	60,08	46,61	3,13
3	60	3	100	0,84	34,56	31	59,74	49,49	3,51
4	60	1	50	0,94	35	30,98	59,83	49,96	2,11
5	60	2	50	1,3	34,64	30	60,03	49,66	3,01
6	60	3	50	1,87	34,45	30	60,07	50,49	3,15

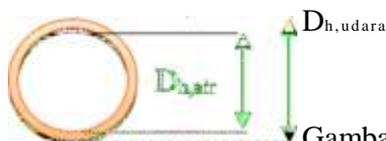
Temperatur udara masuk ( $T_{c,in}$ ) : 30,49 °C

Temperatur udara keluar ( $T_{c,out}$ ) : 34,41 °C

Temperatur air masuk ( $T_{h,in}$ ) : 59,97 °C

Temperatur air keluar ( $T_{h,out}$ ) : 49,45 °C

Debit air  $Q$  : 1,87 l/mnt = 0,00003117 m<sup>3</sup>/s



Gambar 4.1 Diameter Pipa Tembaga

Maka dapat dihitung temperatur udara rata-rata :

$$T_{rata-rata} = \quad = \quad = \quad \text{°C}$$

Tabel 4.2. Interpolasi *fluida property* udara berdasarkan temperatur

<i>fluida property</i>	Temperatur udara (32,4 °C)
Cp (J/Kg.°C)	1007
k (W/m.°C)	0,026058
Pr	0,72811

¾ Menghitung Laju Perpindahan Massa air ( $\dot{m}_{air}$ )

$\frac{3}{4}$  Menghitung Bilangan Reynold udara ( $R_{e,udara}$ )

$$= 0,683 \left( \frac{2,87 \text{ m/s} \cdot 0,0127 \text{ m}}{0,00001631} \right)^{0,466} \cdot 0,72811^{1/3}$$


---


$$= 22,3510562$$

- 3/4 Menghitung Bilangan Nusselt air ( $Nu_{air}$ )

Untuk aliran turbulen, perhitungan  $Nu_m$  menggunakan korelasi Dittuse – Boelter. Pr lihat tabel 4.3.

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

$$= 0,023 \cdot (6115,4998)^{0,8} \cdot (3,285917)^{0,4}$$

$$= 31,585492$$

- 3/4 Menghitung Koefesien Konveksi Udara ( $h_{udara}$ )

k lihat tabel 4.2.

$$h_{udara} = \frac{Nu_{udara} \cdot k}{D_{h,udara}}$$

$$= \frac{22,3510562 (0,026058) \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{0,0127 \text{ m}}$$


---


$$= 45,86014 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

- 3/4 Menghitung Koefesien Konveksi Air (h)

k lihat tabel 4.3.

$$h_{air} = \frac{Nu_{air} \cdot k}{D_{h,air}}$$

$$= \frac{31,585492 (0,649243) \text{ W/m} \cdot \text{°C}}{0,0125 \text{ m}}$$


---


$$= 1640,54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Menghitung *Pressure Drop* ( $\Delta$

#### 4.2 Perancangan Model Dengan *Software Solidworks* 2014

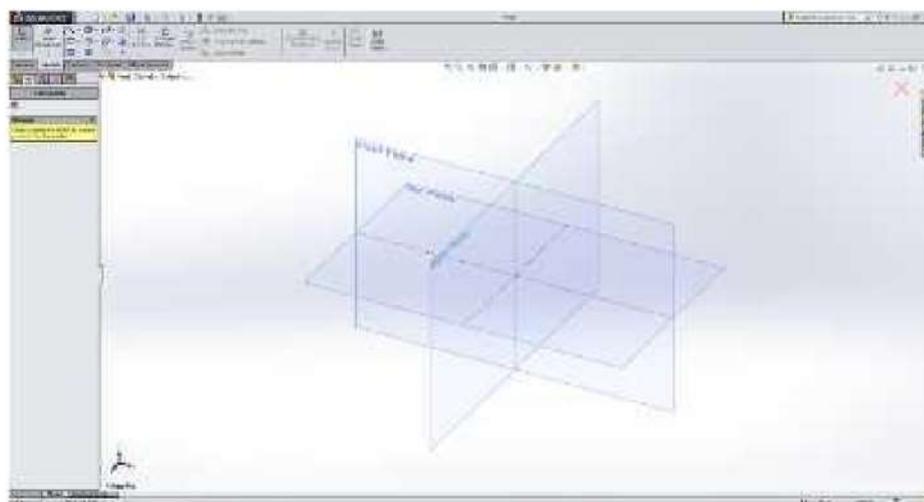
Pada bab ini ditampilkan perancangan model pipa spiral alat penukar kalor menggunakan *software Solidworks*. Adapun langkah-langkah pembuatan desain sebagai berikut :

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang desain Pipa yang akan dibuat,
2. Buka *software Solidworks* 2014 pada komputer,
3. Pilih “New Document” pada sudut kanan atas tampilan *software Solidworks* 2014, kemudian pilih “Part” dan pilih “OK”.



Gambar 4.1 Tampilan awal *Solidworks* 2014

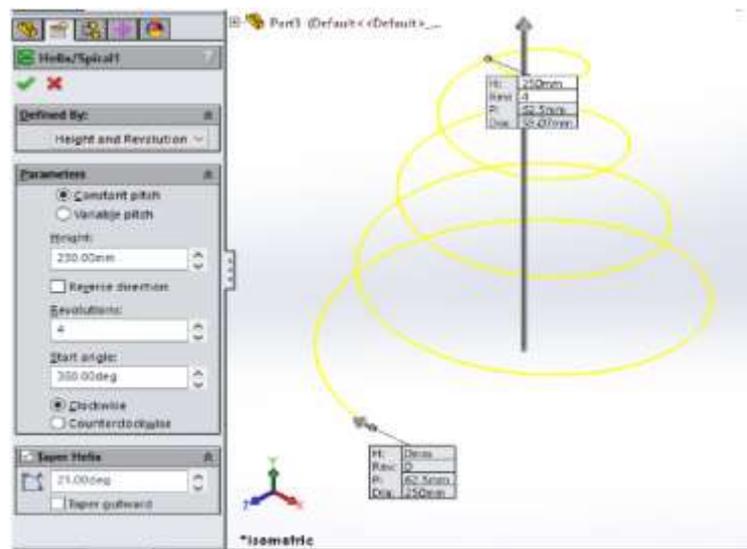
4. Pilih “Insert” pada menu bar kemudian pilih “Sketch” dan kemudian pilih bagian “TopPlane”.



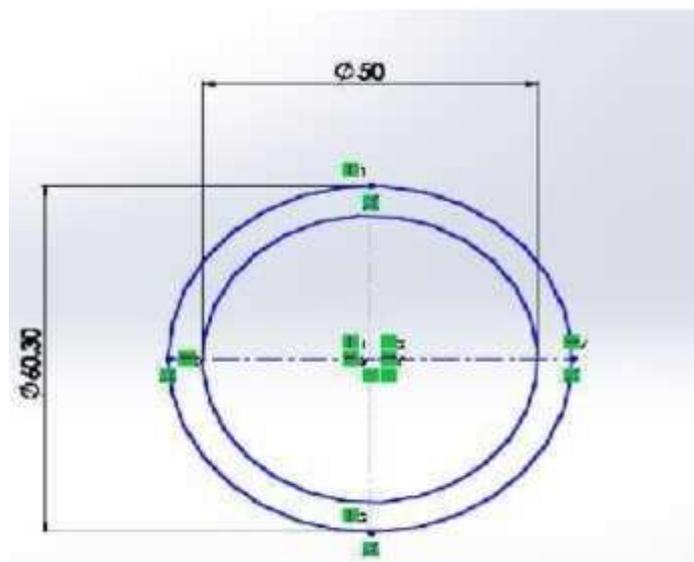
Gambar 4.2 Menentukan *plane* perancangan

5. Membuat desain Pipa spiral dengan ukuran yang direncanakan memiliki ukuran sebagaiberikut.

- ~ Nominal *Pipesize* = 50,8mm
- ~ Diameterdalam(DN) = 50 mm
- ~ DiamaterLuar(OD) = 60.3mm
- ~ *Height* = 250 mm
- ~ *Revolution* = 4
- ~ *Taper Helix* = 21 derajat

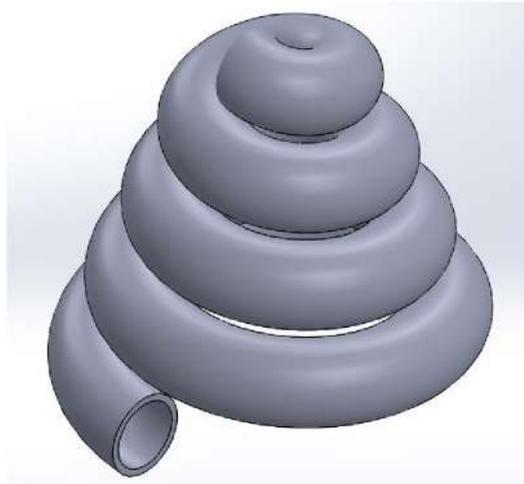


Gambar 4.3 ukuran pipa spiral



Gambar 4.4 diameter pipa spiral

6. Setelah desain Pipa dibuat, pilih “Features” kemudian pilih “Swept Boss/base”.



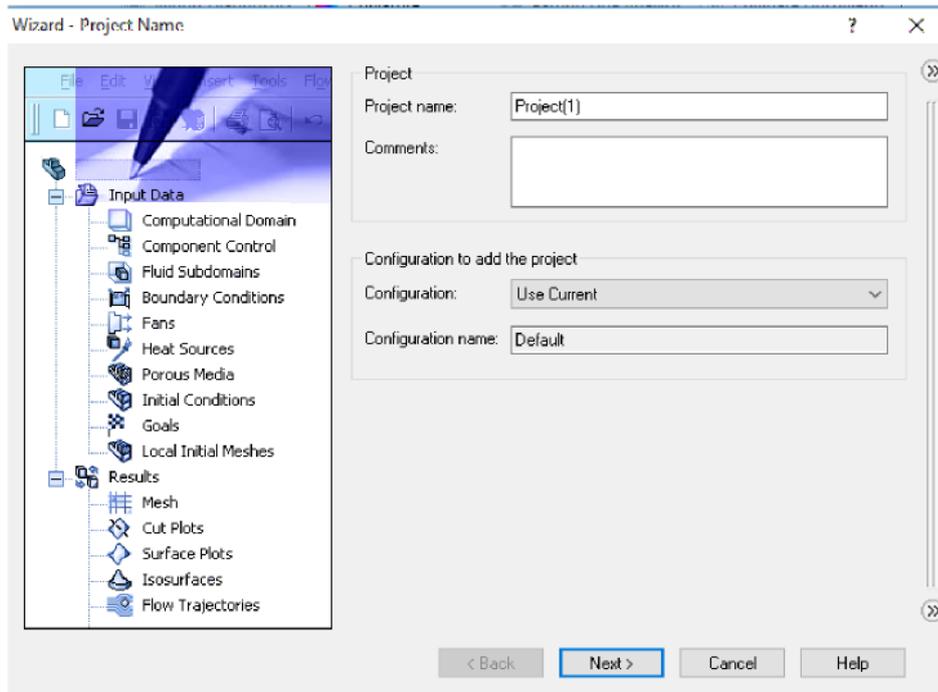
Gambar 4.5 desain pipa spiral setelah di *Swept Boss/base* (tampak *Isometric*)

#### 4.3 Proses *Flow Simulation* pada

Proses *flow Simulation analysis* adalah Model analisis yang digunakan untuk mengetahui alur aliran fluida dalam Pipa. *flowsimulation analysis* dapat juga digunakan untuk mengetahui *pressure, velocity, density, force* dari aliran fluida dengan kecepatan tertentu dan temperatur tertentu di dalam pipa.

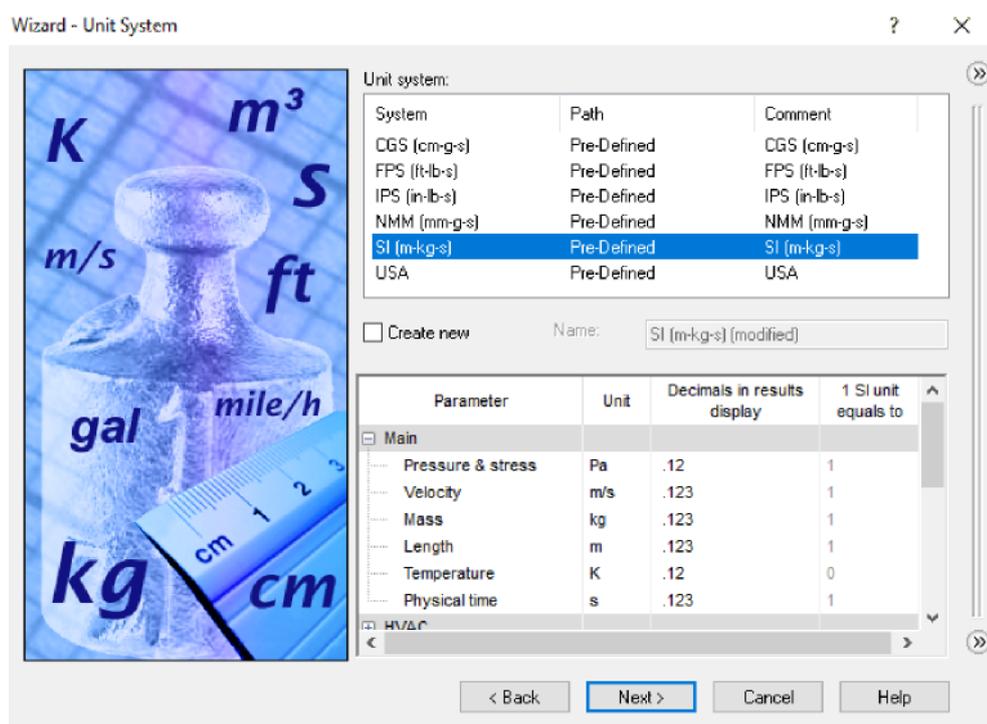
Adapun Langkah – langkah dalam melakukan simulasi ini adalah sebagai berikut :

1. Buka File Gambar yang telah dibuat pada *software solidworks 2014*.
2. Setelah file gambar terbuka, selanjutnya pilih tab *Flowsimulation*. Dan klik menu “Wizard”
3. Menentukan *Project Configuration* yang mana pada proses ini digunakan untuk menentukan nama dari *project* yang akan dibuat. Pilih *create New* lalu pilih nama file gambar yang akan dilakukan pengujian, kemudian klik “Next”.



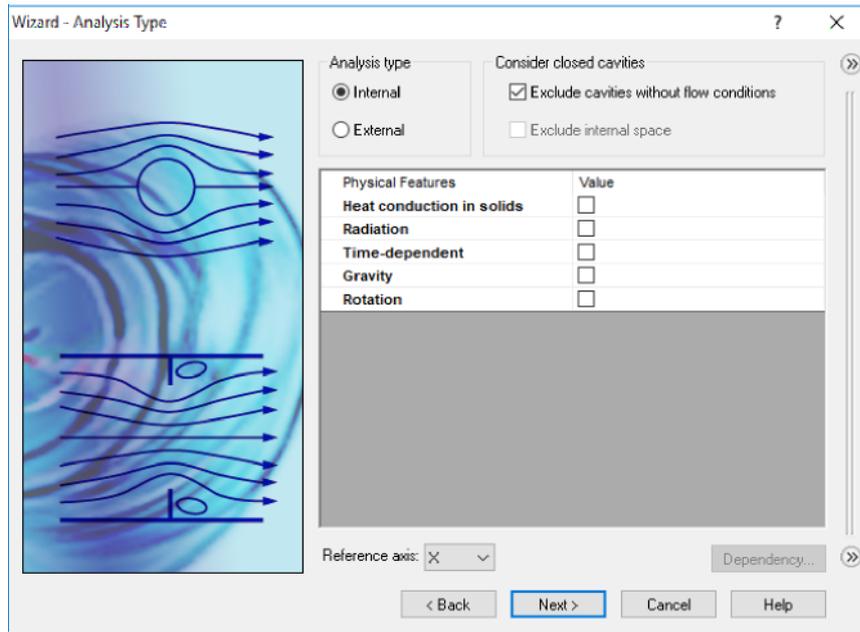
Gambar 4.6 Menentukan *Project Configuration*.

4. Menentukan *Unit system*, yaitu langkah pemilihan satuan yang akan digunakan, Pilih SI pada baris ke 5 kolom *Unit system*, lalu ganti Temperatur menjadi derajat oC, Lalu klik“Next”.



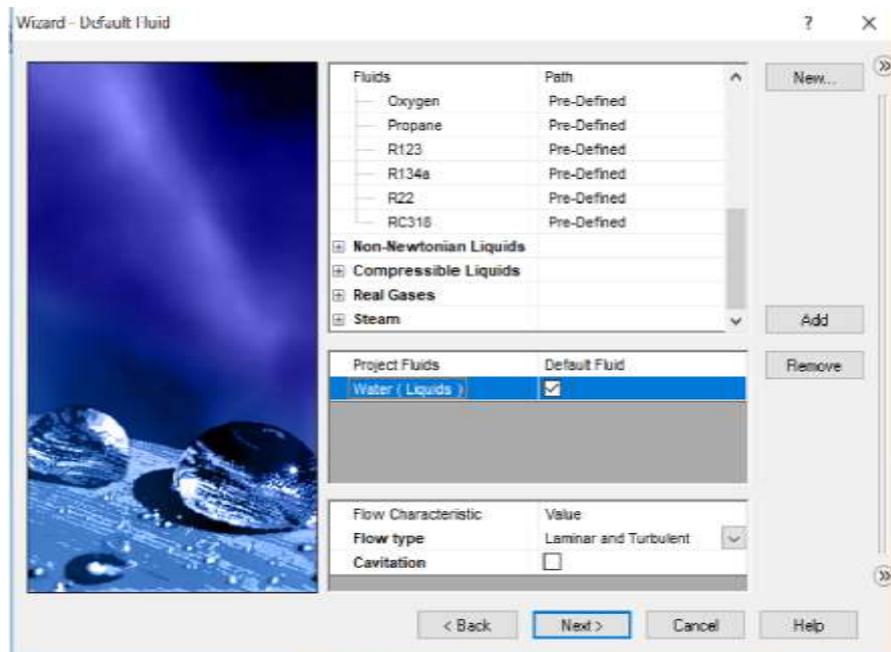
Gambar 4.7 Menentukan *Unit system*.

5. Langkah selanjutnya adalah *Analysis Type* yaitu langkah yang digunakan untuk menentukan laju aliran yang akan dianalisis. Pilih Internal kemudian ceklis didalam kotak *exclude capacities without flow condition* . Lalu klik “Next”.



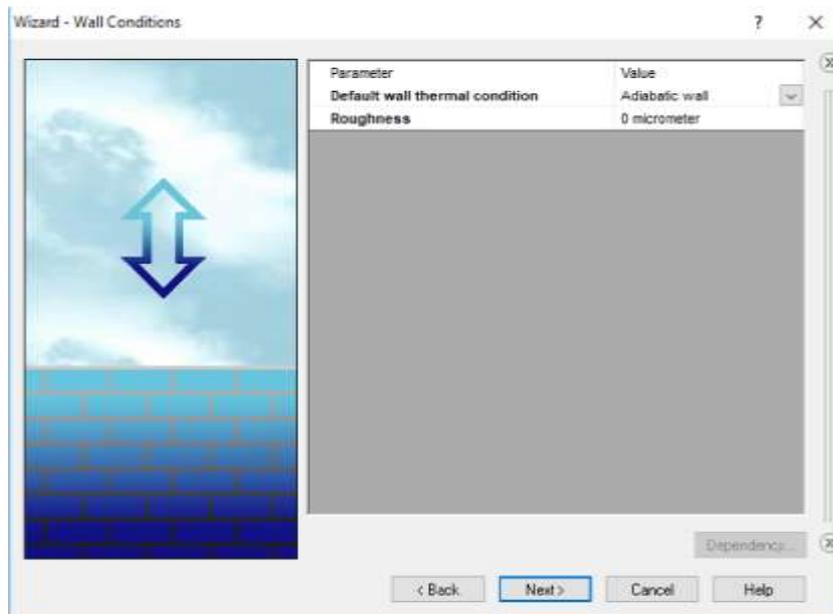
Gambar 4.8 Menentukan *Analysis Type*

6. Menentukan *Default Fluid* yaitu, menentukan fluida apa yang akan digunakan dalam simulasi ini dan juga untuk menentukan jenis aliran pada fluida



Gambar 4.9 Menentukan *Default Fluid*

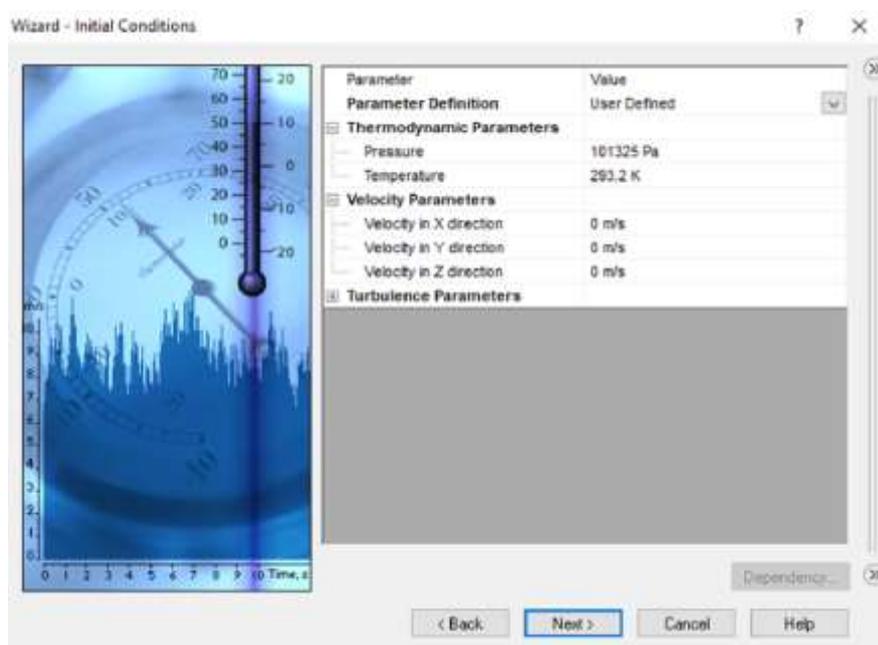
7. Menentukan *Wall condition* dimana ini digunakan untuk menentukan keadaan sekitar. Pada langkah ini Klik “N ext” saja karena menggunakan setingandefault.



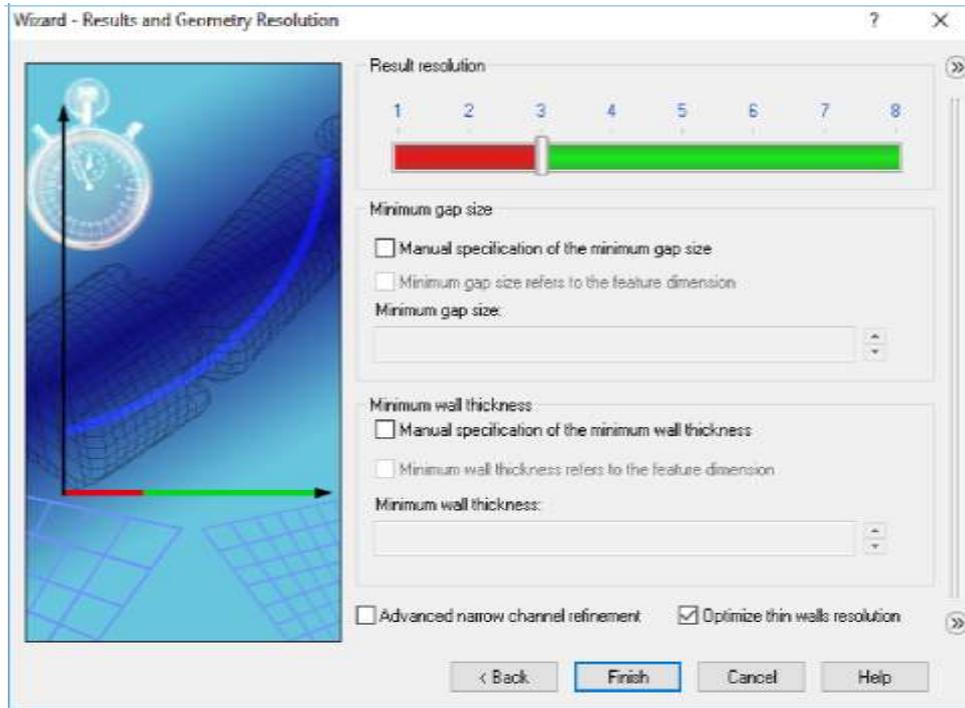
Gambar4. 1 0menentukan*wall condition*

8. Langkah berikutnya menentukan *Initial condition* dimana ini adalah langkah menentukan kondisi yang dibutuhkan dalam proses *flow simulation*. Lalu Klik”Next”.

Gambar 4.11 Menentukan *Initial condition*

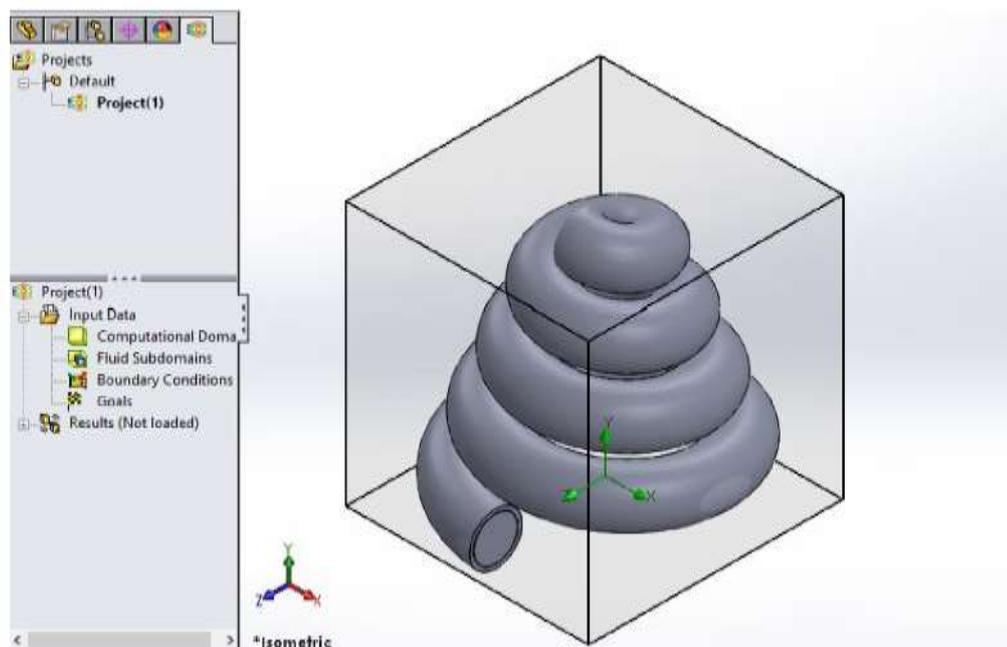


9. Langkah berikutnya menentukan *Result and Geometry Resolution* dimana ini adalah langkah untuk menentukan seberapa detail hasil yang ingin kita peroleh. Lalu lakukan *Finish*.



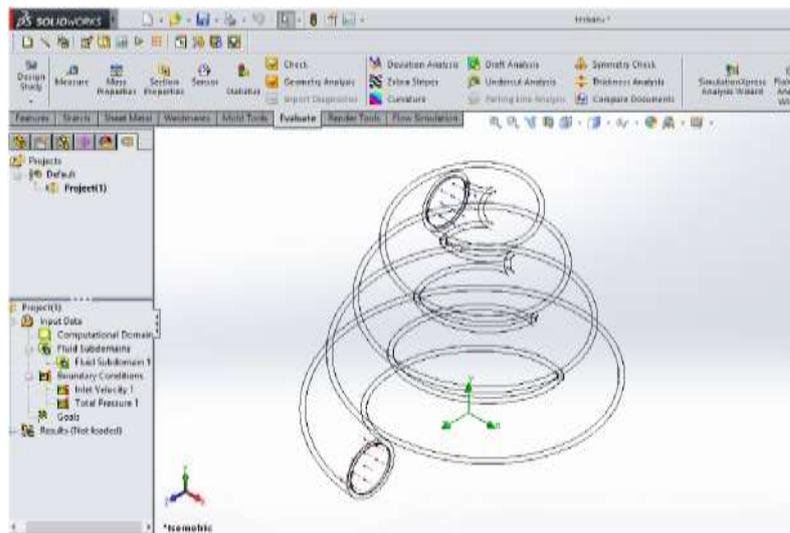
Gambar 4.12 Menentukan *Result and Geometry Resolution*

10. 6HODQMXWQJNOI' *Simulation tree*



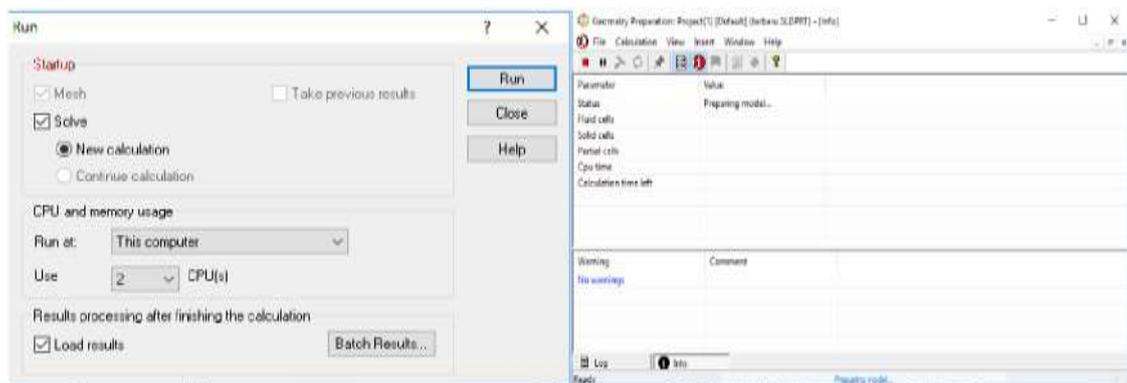
Gambar4. 13 menentukan *computational domain*

11. Klik kanan pada *Fluid Sub domain*, Lalu klik *Insert Fluid Sub domain* dan pada kotak *selection* pilih *face lid* bagian dalam pipa spiral. Lalu Klik “OK”.



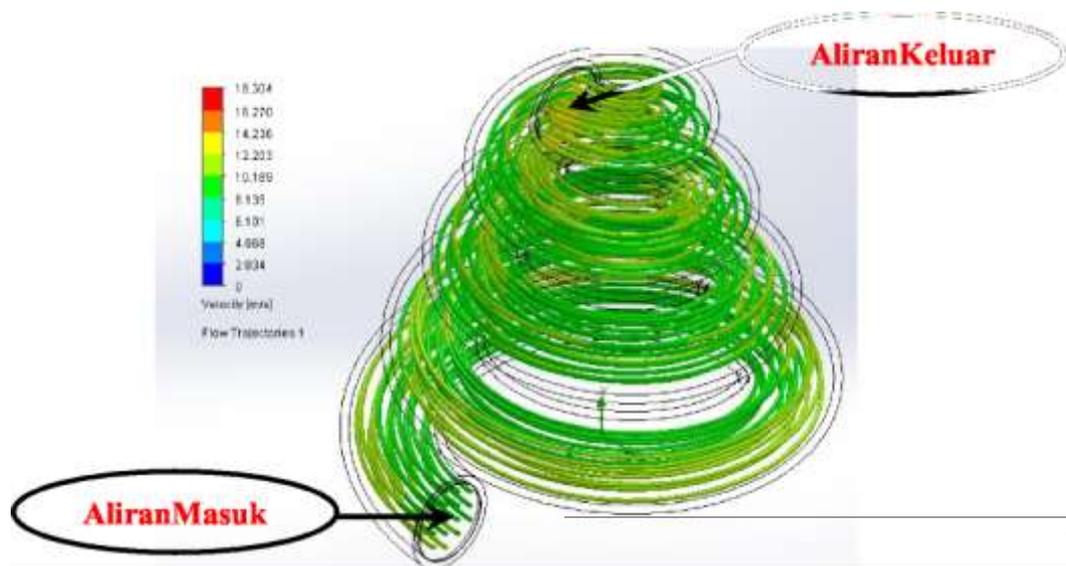
Gambar4. 14 menentukan *fluid subdomain*

12. Klik kanan *Boundary Condition*, Lalu klik *Insert Boundary Condition*.
13. Kemudian tentukan *Inlet* atau aliran masuk. Pada kotak *selection* pilih *face* bagian dalam hingga muncul *Face<1>*. Kemudian pada *Type* pilih *Inlet Velocity* dan *Flow Parameter* pada kotak *V ( Velocity )*. Kemudian Klik “OK”.
14. Setelah semua pengaturan awal *Flow simulation analysis* dilakukan, langkah selanjutnya jalankan program. Klik *Run* lalu tunggu hingga proses selesai.



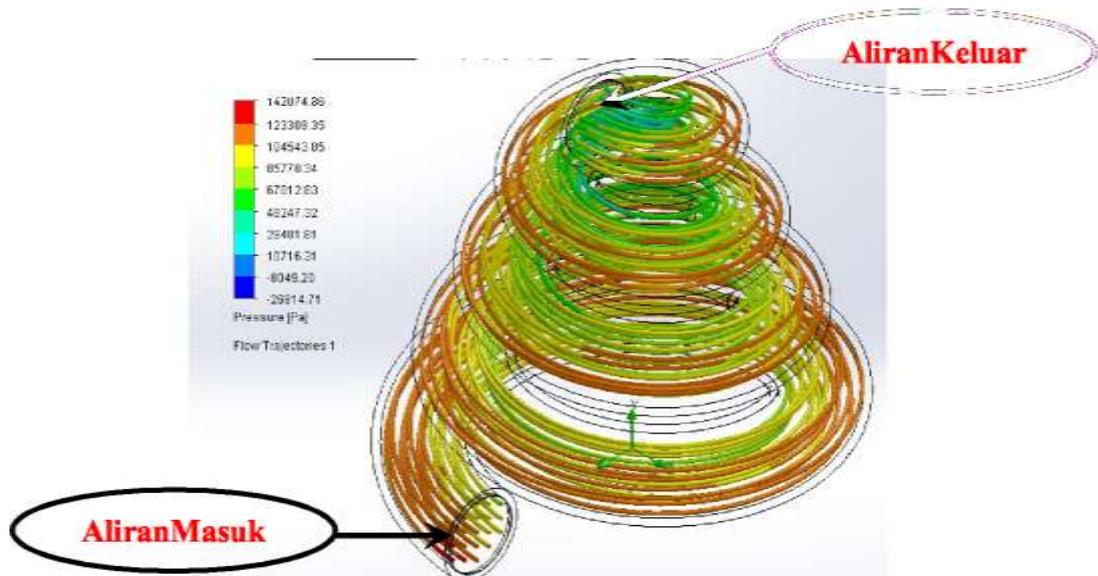
Gambar4.15 proses dan hasil data *run*

15. Setelah hasil data *Run* berhasil dilakukan selanjutnya Klik “*Result*” Pada Bar menejer kemudian pilih *Goal Plots* untuk menampilkan hasil *goal simulation*
16. Menentukan *flow Trajectories* yaitu sebagai langkah terakhir yang digunakan untuk menampilkan hasil simulasi aliran pada desain Pipa. Klik kanan pada *flow Trajectories*, Lalu Klik *flow Trajectories* dan pada kotak *selection* pilih *face lid* bagian dalam pipa spiral. Lalu Klik “OK”
17. Menampilkan hasil proses Simulasi *FlowSimulation*.

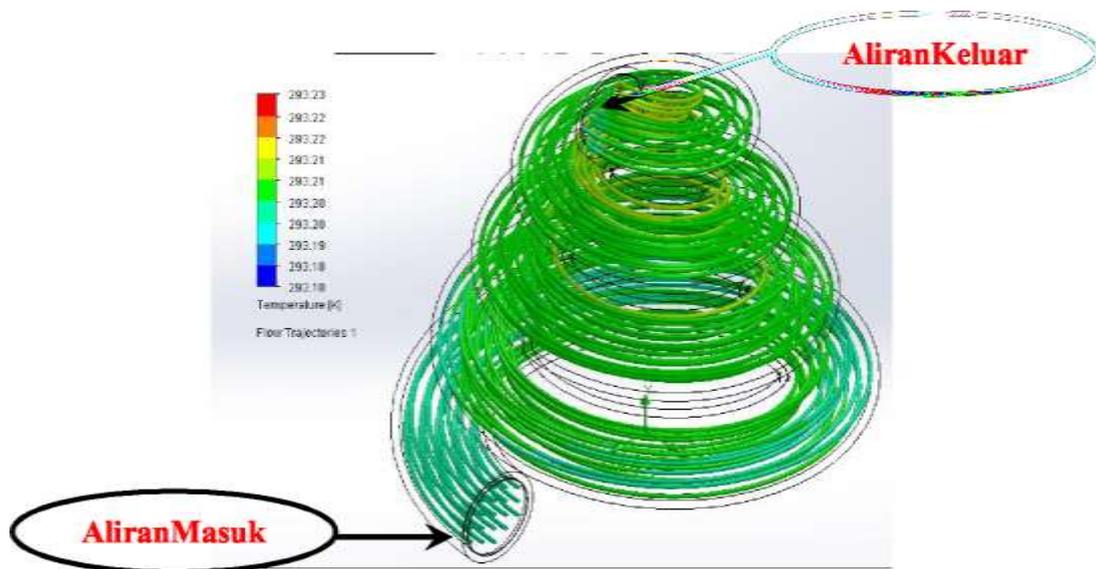


Gambar4.

16 hasil *flow simulation velocity*



Gambar 4.16 hasil *flow simulation pressure*



Gambar 4.1 Hasil *flow simulation temperature*

#### 4.3.1. Data hasil simulasi

Data hasil pengujian dilampirkan dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 data hasil simulasi menggunakan *software solidworks*

Name	Minimum	Maximum
Pressure [Pa]	-26814.71	142074.86
Temperature [K]	293.18	293.23
Density (Fluid) [kg/m <sup>3</sup> ]	997.55	997.57
Velocity [m/s]	0	18.304
Velocity (X) [m/s]	-18.23 1	12.205
Velocity (Y) [m/s]	-0.502	5.720
Velocity (Z) [m/s]	-11.493	13.215
Temperature (Fluid) [K]	293.18	293.23
Vorticity [1 /s]	13.174	1. 134.936
Shear Stress [Pa]	14.05	897.92
Relative Pressure [Pa]	-128139.71	40749.86
Heat Transfer Coefficient [W/m <sup>2</sup> /K]	0	0
Surface Heat Flux [W/m <sup>2</sup> ]	0	0

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari analisa yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Pengujian Alat Penukar Kalor tipe pipa spiral menggunakan sirip berbentuk lingkaran menghasilkan aliran transisi pada speed 2 bukaan 50% . Nilai Reynold udara mencapai 2235,28471.
2. Pengujian Alat Penukar Kalor tipe pipa spiral menggunakan sirip berbentuk lingkaran menghasilkan aliran turbulen pada speed 2 bukaan 50% . Nilai Reynold udara mencapai 6115,4998.
3. Kecilnya bilangan reynold maka semakin semakin kecil juga koefisien konveksi yang terjadi.
4. Laju perpindahan panas udara ( $q_{udara}$ ) tertinggi 135 1,91 watt.

#### **5.2. Saran**

1. Untuk studi eksperimental selanjutnya diharapkan lebih memperhatikan penggunaan material sebagai bahan untuk membuat alat penukar kalor tipe *compact*.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Ricky Gunawan  
Npm : 1307230246  
Tempat/ Tgl Lahir : Medan, 22 Nopember 1994  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat  
Desa : Terjun  
Kecamatan : Medan Marelan  
Kabupaten : Madiyah  
Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 081397745909  
E-mail : rickygunawanpns@gmail.com  
Nama Orang Tua  
Ayah : Mahjumi  
Ibu : Rosmawati

### PENDIDIKAN FORMAL

2000-2006 : SDN 060954  
2006-2009 : SMP PGRI 3 MEDAN  
2009-2012 : SMK HARAPAN MEKAR 1 MEDAN  
2013-2020 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

ila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website : <http://fatok.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor 204/II.3AU/UMSU-07/F/2020**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 29 Januari 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : RICKY GUNAWAN  
Npm : 1307230246  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : XIII ( Tiga Belas )  
Judul Tugas Akhir : STUDY KARAKTERISTIK UNTUK KERJA ALAT PENUKAR KALOR BERBENTUK PIPA SPIRAL

Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST.MT  
Pembimbing II : H. MUHARNIF M. ST. M.Sc

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 05 Jumadil Akhir 1441 H  
30 Januari 2020 M ,



Dekan

Munawar Alfansury Siregar ST.MT  
NIDN : 0101017202

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

---

NAMA : Rizky Gunawan  
NPM : 1307230246  
Judul T.Akhir : Studi Karakteristik Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Berbentuk Pipa Spiral.

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

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - Perbaiki cara Pengantar
  - Perbaiki tabel Perhitungan pada Bps III
  - Selesaikan hasil dan pembahasan dgn kesimpulan
  - Tambah daftar pustaka
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 07 Rab.Awal 1442H  
24 Oktober 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi S.T.M.T  
  


Dosen Pembanding- II

  
Sudirman Lubis.S.T.M.T



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

---

NAMA : Rizky Gunawan  
NPM : 1307230246  
Judul T.Akhir : Studi Karakteristik Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Berbentuk Pipa  
Spiral.

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

**KEPUTUSAN**

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

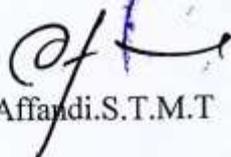
.....*lihat catatan dan papilasan*.....  
.....*saat seminar*.....  
.....

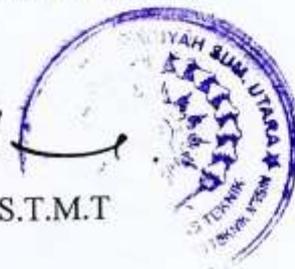
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

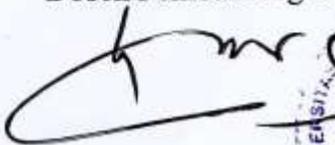
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 07 Rab.Awal 1442H  
24 Oktober 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



Dosen Pembanding- I  
  
Munawar A Siregar.S.T.M.T



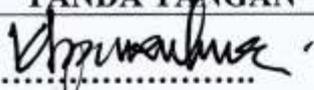
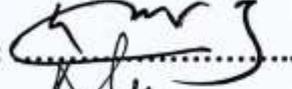
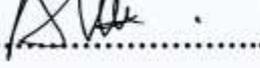
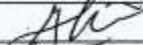
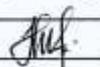
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta seminar

Nama : Rizky Gunawan

NPM : 1307230246

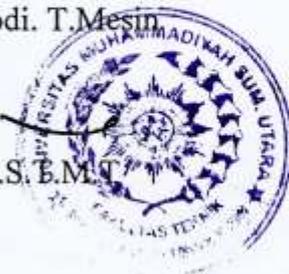
Judul Tugas Akhir : Studi Karakteristik Unjuk kerja Alat Penukar Kalor berbentuk Pipa Spiral.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	:	H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembanding – I	:	Munawar A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – II	:	Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230259	Yohi Andika	
2	1307230231	Alexander Lubis	
3	1307230007	Suhariyadi	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 07 Rab. Awal 1442 H  
24 Oktober 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi.S.T.M.T



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

“Analisa Tekanan Fluida Terhadap Pipa Spiral ”

Nama : RICKY GUNAWAN  
 NPM : 1307230246

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T, M.T  
 Dosen Pembimbing 2 : H. MUharnif, M.S.T, M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	03-10-2019	Pembelian sample tugas	h
	20-11-2019	Perbincangan Bab 1.	h
	04-12-2019	Perbincangan Bab 2	h
	16-12-2019	Perbincangan Bab 3	h
	30-01-2020	Perbincangan Bab 4	h
	11-02-2020	Perbincangan lengkap	h
	24-02-2020	Carikan ke pembimbing 2	h
	26-04-2020	Perbincangan lengkap & saran	h
	19-08-2020	Acc Seminar	h
	07-09-2020	Acc, Seminar	h
	29-02-2020	<del>Acc, Seminar</del>	<del>h</del>