

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA NUMERIK APK SHELL HELICAL COIL BERSIRIP PADA APLIKASI ACWH**

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

**Disusun Oleh:**

**AHMAD FAHMI**  
**1507230237**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

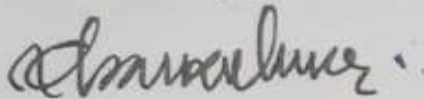
Nama : Ahmad Fahmi  
NPM : 1507230237  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Numerik APK *Shell helical coil* Bersirip Pada Aplikasi ACWH  
Bidang Ilmu : Konversi Energi

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, 22 Februari 2021

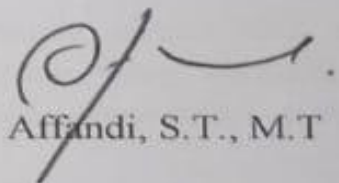
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Peguji II



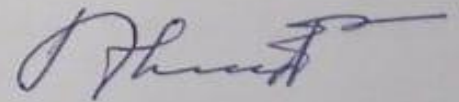
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



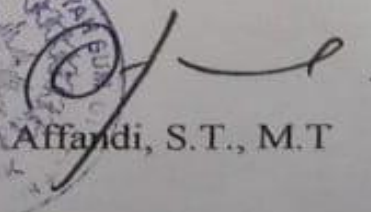
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Fahmi  
Tempat /Tanggal Lahir : Perawang/08 Agustus 1997  
NPM : 1507230237  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Analisa Numerik APK *Shell Helical Coil* Bersirip Pada Aplikasi ACWH”,**

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 orisinal 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, 22 Februari 2021

va yang menyatakan,  
  


Ahmad Fahmi

## ABSTRAK

Pada zaman sekarang ini sudah banyak ditemukan perkembangan akan alat pendingin atau AC (Air Conditioner). Sistem ACWH ( *Air Conditioner Water Heater* ) adalah salah satunya, ACWH memang bukan sistem yang baru, sistem ini telah lama ada dan juga sudah dikembangkan sebelumnya. Tujuan dari Penelitian ini adalah menganalisa numerik APK *Shell Helical Coil* bersirip pada Aplikasi ACWH dan membandingkan perhitungan eksperimental yang telah dilakukan terlebih dahulu. Penelitian kali ini menggunakan APK *Shell Helical Coil* Berisirip dengan pipa Kapiler 2 variasi jumlah lilitan. Metode penelitian kali ini menggunakan software *Solid work* sebagai perancangan dan analisa dengan software *Ansys* Metode simulasi menggunakan tipe analisan *Internal Flow*. Kondisi batas yang digunakan adalah *Inlet Volume Flow* pada *inlet* dan *Environment Pressure* pada *outlet*. Adapun hasil dari pengujian dengan software *ansys* ini adalah menunjukkan bahwa alat penukar kalor yang telah dipasang sirip mampu menghasilkan temperatur air yang lebih besar dibandingkan dengan alat penukar kalor tanpa sirip dan temperatur air pendingin yang didapat pada pengujian ini tidak jauh beda dengan dengan pengujian eksperimen. Dan efisiensi pada pengujian CFD lebih tinggi dibanding dengan pengujian secara eksperimental.

Kata Kunci : Alat Penukar Kalor, ACWH, Sirip, CFD

## **ABSTRACT**

*In this day and age there have been many developments in cooling or AC (Air Conditioner). The ACWH (Air Conditioner Water Heater) system is one of them, ACWH is not a new system, this system has been around for a long time and has also been developed before. The purpose of this study is to analyze the numerical APK of the Shell Helical Coil finned on the ACWH application and compare the experimental calculations that have been carried out first. This research uses APK Shell Helical Coil which contains 2 capillary pipe variations in the number of turns.. The research method this time using Solid work software as a design and analysis with Ansys software. The simulation method uses the type of Internal Flow analysis. The boundary conditions used are Inlet Volume Flow at the inlet and Eviorment Pressure at the outlet. The results of testing with this ansys softaware show that the heat exchanger that has been installed with fins is able to produce a water temperature greater than the heat exchanger without fins and the cooling water temperature obtained in this test is not much different from the experimental test. And the efficiency in CFD testing is higher than experimental testing.*

*Keywords : Heat Exchanger, Fin, CFD*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Numerik APK *Shell Helical Coil* Bersirip Pada Aplikasi ACWH ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan juga sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST,.M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T.,M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesin kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Royo Mutisdo Simamora dan Nursalina Aritonang, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Alumni, Senior dan Kader Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah fakultas Teknik yang banyak memberi masukan dan saran kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis: Rekan-rekan di Rumah Camp Bestari, Kamaluddin wahdani, Aldi Trisna Irawan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin.

Medan, Februari 2021

AHMAD FAHMI

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Perpindahan Panas	4
2.1.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	4
2.1.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	5
2.1.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi	6
2.2. Alat Penukar Kalor	7
2.3. Aliran Fluida	9
2.3.1. Klasifikasi Aliran	11
2.3.1.1 Aliran Tunak	11
2.3.1.2 Aliran tidak tunak	12
2.3.2. Tipe-tipe aliran	12
2.3.2.1 Aliran laminar	12
2.3.3.3 Aliran transisi	12
2.3.3.3 Aliran Turbulen	12
2.4. Konduktivitas Thermal	13
2.5. Sirip	13
2.5.1. Aplikasi Sirip dalam kehidupan	17
2.5.1.1 Didunnia Industri	17
2.5.1.2 dikehidupan sehari-hari	18
2.6 ACWH	18
2.7 Pengertian Simulasi	19
2.7.1. Permodelan Sistem dan simulasi	21
2.7.2. Pengertian Numerik	22
2.7.3. Pengertian Simulasi Numerik	22
2.7.4. Klasifikasi Model Simulasi	22
2.7.4.1 Model Simulasi Statis dan Dimanis	22
2.7.4.2 Model Simulas deterministik dan stokastik	23
2.8 <i>Computational Dynamic Fluida (CFD)</i>	23



2.8.1	Proses <i>Computational Fluid Dynamic</i>	24
2.8.1.1	<i>pre processing</i>	24
2.8.1.2	<i>Solving</i>	24
2.8.1.3	<i>Post Processing</i>	24
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>29</b>
3.1	Tempat dan Waktu	29
3.1.1.	Tempat	29
3.1.2.	Waktu	29
3.2	Alat Dan Bahan	30
3.2.1.	Alat Yang digunakan	30
3.2.1.1	Laptop	30
3.2.1.2	Software Solidwork	30
3.2.1.3	Software Ansys	31
3.3	Diagram Alir Penelitian	33
3.4	Perancangan <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip	34
3.5	Prosedur Penelitian	40
3.5.1	Tahapan Proses Simulasi 15 Lilitan	40
3.5.2	Tahapan Proses Simulasi 30 Lilitan	53
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>64</b>
4.1	Hasil Simulasi <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip	64
4.1.1	Hasil Simulasi <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip 15 lilitan	64
4.1.1.1	Hasil Kontur Tekanan	64
4.1.1.2	Hasil Parameter Static kontur	65
4.1.1.3	Hasil Kontur Kecepatan	66
4.1.1.4	Proses Simulasi <i>Shell Helical Coil</i> yang terekam dalam 10 menit	68
4.1.1.5	Data perbandingan uji eksperimental dengan uji simulasi	69
4.1.1.6	Grafik perbandingan Uji eksperimental dengan uji simulasi	70
4.1.2	Hasil Simulasi <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip 30 lilitan	71
4.1.2.1	Hasil Kontur Tekanan	72
4.1.2.2	Hasil Parameter Static kontur	73
4.1.2.3	Hasil Kontur Kecepatan	74
4.1.2.4	Proses Simulasi <i>Shell Helical Coil</i> yang terekam dalam 10 menit	75
4.1.2.5	Data perbandingan uji eksperimental dengan uji simulasi	76
4.1.2.6	Grafik perbandingan Uji eksperimental dengan uji simulasi	77

<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>78</b>
	5.1. Kesimpulan	78
	5.2. Saran	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>79</b>
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Konduktivitas Thermal
- Tabel 2.2. Skala Kulititas *Meshing*
- Tabel 2.3. Kelebihan dan Kelemahan Model Turbulensi CFD
- Tabel 3.1. Jadwal dan Pelaksanaan Penelitian
- Tabel 3.2 Tabel Properties Refrigerant R22
- Tabel 3.3 Tabel Properties Refrigerant R22
- Tabel 4.1. Data Uji perbandingan 15 lilitan
- Tabel 4.2. Data Uji Perbandingan 30 lilitan

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Perpindahan panas konduksi
- Gambar 2.2. Perpindahan Pansa Konveksi
- Gambar 2.3. Perpindahan Panas Radiasi
- Gambar 2.4. Aliran Laminer
- Gambar 2.5. Aliran Transisi
- Gambar 2.6. Aliran Turbulen
- Gambar 2.7. Sirip
- Gambar 3.1. Laptop/PC
- Gambar 3.2. Software Solidwork
- Gambar 3.3 Software Ansys
- Gambar 3.4 Aliran
- Gambar 3.5. *Sketch* bawah *Shell Helical*
- Gambar 3.6. Ukuran *Shell Helical Coil* Bersirip
- Gambar 3.7. Desain ukuran sirip
- Gambar 3.8 *linear sketch* desain *Shell Helical Coil* bersirip
- Gambar 3.9. *Bos exstrutch* desain *shell helical coil bersirip* 15 lilitan
- Gambar 3.10. *Sketch* bawah *Shell Helical*
- Gambar 3.11 Ukuran *Shell Helical Coil* Bersirip
- Gambar 3.12. Desain ukuran sirip
- Gambar 3.13. *linear sketch* desain *Shell Helical Coil* bersirip
- Gambar 3.14. *Bos exstrutch* desain *shell helical coil bersirip* 30 lilitan
- Gambar 3.15. Desain *Shell Helical Coil* bersirip 15 lilitan
- Gambar 3.16. input data ke ansys
- Gambar 3.17. Proses Import desain Ke generate
- Gambar 3.18. Gambar Desain Setelah Di Import dan akan Di mesh
- Gambar 3.19. Hasil *mesh*
- Gambar 3.20. Menentukan Kondisi-kondisi Batas Simulasi
- Gambar 3.21. Tahapan Setup
- Gambar 3.22. menentukan steady dan grafitasi bumi
- Gambar 3.23. Mentukan Model Persamaan engergi dan jenis aliran pada simulasi
- Gambar 3.24. Menentukan Material Fluida dan Pipa
- Gambar 3.25. Pemilihan Material
- Gambar 3.26. Menentukan temperatur aliran
- Gambar 3.27. Boundary Condition
- Gambar 3.28. Prediksi Awal
- Gambar 3.29. Proses Simulasi
- Gambar 3.30. Desain Sheel Helical Coil 30 lilitan
- Gambar 3.31. Proses Input Data Ke ANSYIS
- Gambar 3.32. Gambar 4.28 Proses Import desain Ke generate
- Gambar 3.33. Gambar Desain Setelah Di Import dan akan Di mesh
- Gambar 3.34. Desain Setelah Di mesh
- Gambar 3.35. Menentukan kondisi-kondisi batas simulasi
- Gambar 3.36. Tahapan setup
- Gambar 3.37. Menentukan steady dan grafitasi bumi
- Gambar 3.38. Menentukan model persamaan energi dan jenis aliran
- Gambar 3.39. Menentukan material fluida dan pipa

Gambar 3.40. Pemilihan Material  
Gambar 3.41. Menentukan temperatur aliran  
Gambar 3.42. Boundary Condition  
Gambar 3.43. Prediksi Awal  
Gambar 3.44. Proses Simulasi  
Gambar 4.1. Hasil Simulasi 15 lilitan  
Gambar 4.2. Hasil kontur tekanan  
Gambar 4.3. Hasil kontur static  
Gambar 4.4. Hasil kontur kecepatan  
Gambar 4.5. Hasil Rekaman Proses simulasi  
Gambar 4.6. Hasil data uji simulasi  
Gambar 4.7. Grafik perbandingan  
Gambar 4.8. Hasil Simulasi 30 lilitan  
Gambar 4.9. Hasil kontur tekanan  
Gambar 4.10. Hasil kontur static  
Gambar 4.11. Hasil kontur kecepatan  
Gambar 4.12. Hasil Rekaman Proses simulasi  
Gambar 4.13. Hasil data uji simulasi  
Gambar 4.14. Grafik perbandingan

## DAFTAR NOTASI

$q$	Laju perpindahan panas	kJ/det, W
$k$	Konduktivitas Termal	W/m. $^{\circ}\text{C}$
$A$	Luas penampang	$\text{m}^2$
$dt$	Perbedaan temperature	$^{\circ}\text{C}$
$dx$	Perbedaan jarak	m/det
$h$	Koefisien perpindahan panas	$\text{m}^2\text{K}$
$\Delta t$	Perbedaan suhu	K
$\varepsilon$	Nilai emisivitas	$0 \leq \varepsilon \leq 1$
$Re$	Bilangan Reynold	
$V$	kecepatan fluida	m/s
$D$	Diameter dalam	m
$\mu$	viskositas dinamis fluida	Ns/ $\text{m}^2$
$\rho$	kecepatan aliran fluida	$\text{kg}/\text{m}^3$

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### 1.1. Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini sudah banyak ditemukan perkembangan akan alat pendingin, dan pemanasan global yang semakin terasa ke bumi membuat hampir seluruh elemen masyarakat, baik di perkantoran, gedung perbelanjaan, Rumah ibadah, maupun rumah sakit memerlukan akan kebutuhan alat pendingin seperti *Air Conditioner* (AC). Penggunaan yang lama tentu akan memakan banyak biaya listrik. Hal ini menunjukkan harus ada pembaharuan di alat pendingin agar pemakaian listrik tidak begitu tinggi. Sistem ACWH ( *Air Conditioner Water Heater* ) dapat digunakan untuk hal ini, ACWH memang bukan sistem yang baru, sistem ini telah lama ada dan juga sudah dikembangkan sebelumnya. Teknologi AC bisa juga digunakan sebagai pemanas air tanpa menggunakan tambahan arus listrik (Sharp,2017). Untuk mendapatkan suhu panas bisa menggunakan sistem alat yang disebut ACWH dan tentunya Anda tidak perlu tambahan bulanan untuk bayar listrik.

*Shell Helical Coil* Dengan Sirip, ini merupakan modifikasi dari heat exchanger tipe plat yang diberi tambahan sirip. Prinsip desainnya adalah penggunaan sirip yang berbentuk segi empat yang dipasangkan di antara dua plat paralel. Permukaan bersirip biasanya digunakan untuk mempertinggi perpindahan panas, dan meningkatkan laju perpindahan panas dari sebuah permukaan yang terlipat. Ada pengaruh variasi jarak sirip dan jumlah sirip terhadap peningkatan koefisien perpindahan kalor total dan peningkatan penurunan tekanan dalam *heat exchanger* . (Awaluddin,2007)

Pada Analisis Numeric menggunakan teknologi software ansys kali ini alat penukar kalor tipe *Shell Helical-Coil* yang berbahan dasar tembaga (*copper*) yang berdiameter 15 centimeter dan total panjang lilitannya 16 meter dengan setiap lilitannya akan dilengkapi dengan sirip yang disetiap sirip berjarak 8 centimeter dengan bahan dasar tembaga (*copper*) juga. Dalam upaya penambahan sirip terhadap alat penukar panas tersebut hal yang di inginkan yaitu terjadinya peningkatan laju perpindahan panas ACWH.

Untuk mendapatkan efisiensi penukar panas yang dilengkapi dengan sirip tersebut dilakukan dengan cara melakukan perancangan yang disesuaikan dengan volume tangki dari *water heater*. Maka dalam perancangan ini bertujuan untuk meneliti dan mensimulasikan efektivitas dari penukar panas untuk memanaskan air dengan volume tangki 60 liter dan temperatur yang diinginkan adalah  $40 \text{ }^{\circ}\text{C} - 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Adapun fluida panas yang digunakan dalam pengujian adalah keluaran *refrigerant* kompresor AC dan fluida yang ingin dipanaskan adalah air biasa

#### 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimanakah efektifitas APK *Shell helical-Coil* yang diberi penambahan sirip pada aplikasi ACWH ??

#### 1.3. Ruang Lingkup

Lingkup dari penelitian ini adalah perhitungan alat penukar Kalor tipe *Shell Helical-Coil* bersirip pada aplikasi ACWH. Spesifikasi dari perancangan adalah:

1. Unit *air conditioning* (AC) yang digunakan memiliki daya 1 pk;
2. Bahan spesimen penukar panas *copper* (tembaga);
3. Media pemanasan adalah keluaran *refrigerant* kompresor AC;
4. Bahan yang dipanaskan adalah air dengan volume 60 liter;
5. Pengukuran yang terdapat pada pengujian meliputi pengukuran temperatur air, temperatur keluar kompresor, temperatur masuk kondensor dalam sistem AC.
6. APK shell Helical coil dengan diameter 15 dengan panjang lilitan 16 meter
7. Sirip yang digunakan pada APK shell helical coil dengan jarak 8 centimeter
8. Analisa numerik dilakukan software ansys dengan demikian, maka penelitian ini akan mensimulasikan dan menganalisa numeric dengan data-data diatas

#### 1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk Membandingkan hasil dari perhitungan eksperimental temperatur masuk dengan hasil uji dari simulasi dengan software *Ansys*
2. Untuk Membandingkan hasil dari perhitungan eksperimental temperatur keluar dengan hasil uji dari simulasi dengan software *Ansys*



3. Untuk Membandingkan hasil dari perhitungan eksperimental temperatur air pendingin dengan hasil uji dari simulasi dengan software *Ansys*
4. Untuk mengetahui pergerakan fluida pada tabung ACWH.

#### 1.5. Manfaat

Manfaat dari penulisan ini yaitu sebagai berikut:

1. Hasil penelitian dapat dipergunakan sebagai referensi bagi penulis maupun pihak lain yang ingin meneliti dengan lebih dalam mengenai proses atau cara mengetahui efektivitas dan efisiensi pada suatu sirip dengan bentuk segiempat.
2. Hasil penelitian dapat dipergunakan untuk menambah referensi tentang ACWH
3. Hasil Penelitian Dapat digunakan sebagai referensi tentang APK *Helical Coil*.
4. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang efektivitas penambahan sirip pada APK *shell helical-coil* pada aplikasi ACWH

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

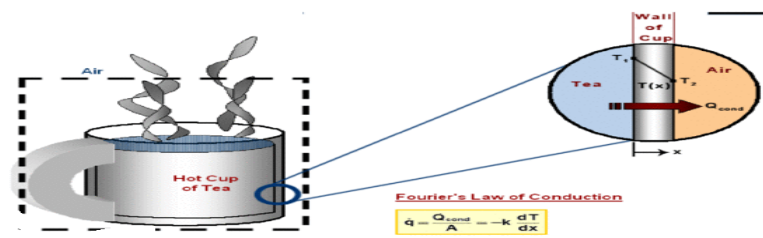
### 2.1 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi pada benda atau material yang bersuhu tinggi ke benda atau material yang bersuhu rendah, hingga tercapainya kesetimbangan panas. Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah ilmu untuk meramalkan atau menggambarkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses di mana perpindahan energi itu berlangsung disebut perpindahan panas. Perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur antara 2 bagian benda. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. (Intan dan Pujayanto, 2015) Terdapat tiga macam proses perpindahan energi kalor. Proses tersebut adalah perpindahan energi secara konduksi, konveksi dan radiasi.

#### 2.1.1 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Pada perpindahan seperti pada gambar 2.1, kalor secara konduksi tidak ada bahan dari logam yang berpindah. Yang terjadi adalah molekul-molekul logam yang diletakkan di atas nyala api membentur molekul-molekul yang berada di dekatnya dan memberikan sebagian panasnya. Molekul di bagian yang lebih panas dari gas mempunyai energi rata-rata yang lebih tinggi bertumbukan dengan molekul berenergi rendah, maka sebagian energi molekul berenergi tinggi ditransfer ke molekul berenergi rendah (Klara, 2008).

$$q = KA \frac{dt}{dx} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 laju perpindahan panas konduksi

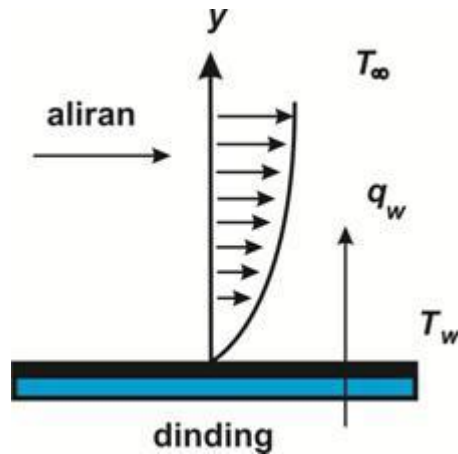
### 2.1.2 Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat yang berbatasan dengan fluida yang mengalir, fluida dapat berupa cair maupun gas. Syarat utama mekanisme perpindahan panas konveksi adalah adanya aliran fluida. Konveksi secara alami terjadi karena perbedaan temperatur, massa jenis fluida akan berbeda sehingga fluida yang suhunya lebih tinggi menjadi lebih ringan. Akibatnya fluida akan mengalir dengan sendirinya atau tanpa adanya gaya luar. Sedangkan konveksi paksa terjadi jika fluida sebagai medium perpindahan panas dipaksa mengalir misalkan dengan menggunakan fan atau pompa. (Helen riupasa,2019)

Perpindahan panas konveksi terjadi di antara permukaan benda dan suatu fluida. perpindahan panas konveksi adalah perpaduan perpindahan panas konduksi dengan suatu aliran fluida. Perpindahan panas konveksi terdiri dari tiga jenis, yaitu konveksi paksa aliran dalam, aliran luar, dan alamiah. Apabila aliran fluida disebabkan oleh blower/fan maka disebut konveksi paksa dan apabila disebabkan oleh gradien massa jenis maka disebut konveksi alamiah. (Ambarita Himsar,2011)

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Perpindahan Panas Konveksi

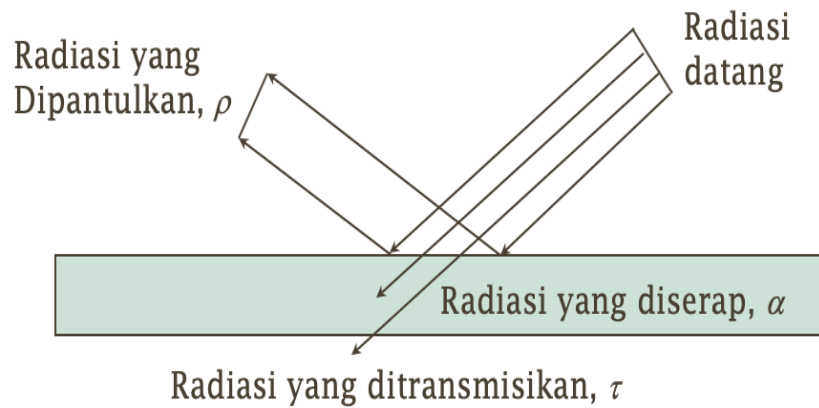
### 2.1.2 Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang elektromagnet atau paket-paket energi (photon) yang dapat di bawah sampai jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium (ini yang menyebabkan mengapa perpindahan panas radiasi sangat penting pada ruang vakum), selain itu jumlah energi yang dipancarkan sebanding dengan temperatur benda tersebut. Kedua hal tersebut yang membedakan antara peristiwa perpindahan panas konduksikonveksi dengan perpindahan panas radiasi. Sedangkan perpindahan panas radiasi ialah distribusi energi berupa panas yang terjadi melalui pancaran gelombang cahaya dari suatu zat ke zat yang lain tanpa zat perantara, besar kecilnya radiasi suatu benda tergantung pada suhu benda dan jaraknya. Semakin tinggi suhunya semakin besar radiasi yang dikeluarkan, dan semakin jauh jaraknya semakin kecil pancaran panasnya. (Adib johan dkk,2016).

Persamaan perpindahan panas radiasi adalah :

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \quad (2.3)$$

Dimana:  $\sigma$  ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai  $5,669 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$ . Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Perlu dicatat bahwa persamaan diatas hanya berlaku untuk radiasi thermal saja, radiasi elektromagnetik lain tidaklah sesederhana itu.



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi

## 2.2 Alat Penukar Kalor

Alat penukar Kalor adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). (mahyunis dkk.2014). Perpindahan panas pada alat penukar kalor biasanya melibatkan konveksi masing-masing fluida dan konduksi sepanjang dinding yang memisahkan kedua fluida. Laju perpindahan panas antara kedua fluida pada alat penukar kalor bergantung pada besarnya perbedaan temperatur pada lokasi tersebut, dimana bervariasi sepanjang alat penukar kalor (Rofi Moch, A (2013).

Alat penukar kalor merupakan alat yang sangat penting dalam kegiatan proses industri, dimana dukungan yang maksimal dari alat tersebut dapat mempengaruhi suatu proses menjadi kurang maksimal, maka perlu adanya suatu perencanaan disain yang tepat dan ekonomis dalam pembuatan suatu alat penukar kalor tersebut sehingga dapat dioperasikan dengan baik dan berjalan secara maksimal sesuai prediksi disain yang telah dirancang. (Sulis Yulianto dkk,2015)

M irsyad dkk (2018) melakukan penelitian Karakteristik Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Berisi Material Fasa Berubah Pada Proses Pembekuan. Proses pembekuan PCM minyak kelapa pada alat penukar kalor dimulai dari bagian terdekat dengan permukaan dinding koil. PCM dengan temperatur lebih

rendah bergerak kebawah karean densitasnya lebih tinggi. Waktu perubahan fasa lebih lama dibandingkan dengan penurunan temperatur pada fasa cair. Pada temperatur perubahan fasa yakni  $24^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$  diperoleh persentase minyak kelapa yang beku adalah 20,7%. Peningkatan kecepatan aliran udara dingin dapat mempercepat waktu perubahan fasa PCM. Kecepatan 1 m/s dan 2 m/s tidak direkomendasikan dalam aplikasi alat penukar kalor berisi PCM minyak kelapa ini dengan menggunakan udara lingkungan sebagai media pendingin karena sampai 12 jam belum penurunan temperatur belum melewati temperatur perubahan fasa.

Menurut Dean A Barlet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperature) dengan menambahkan atau menghilangkan energy termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran , tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor , semua alat penukar kalor menggunakan elemen-elemen konduksi termal yang umumnya berupa tabung “*tube*” atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut memindahkan energy kalor ke elemen lainnya.

Pramod S, dkk (2012) melakukan penelitian untuk menganalisa aliran sekunder dari penukar kalor helical coil dengan berbagai parameter untuk kondisi tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa helical coil lebih efisien pada nilai Reynold Number (Re) yang rendah. Analisis juga menunjukkan bahwa, bertambahnya besarnya diameter tube (d) dengan diameter coil sekunder didalam aliran fluida. Peningkatan intensitas sekunder dikembangkan dalam aliran fluida untuk meningkatkan Nu. Oleh karena itu untuk mendapatkan intensitas aliran sekunder yang besar maka helical coil exchanger harus memiliki diameter coil (D) yang kecil dan diameter tube yang besar (d).

Nasser Ghorbani, dkk (2010) melakukan penelitian untuk menyelidiki perpindahan kalor konveksi campuran dalam alat penukar kalor tipe coilin shell dengan variasi Reynolds Number (Re) and Rayleigh Number, variasi rasio diameter tube to coil dan dimensi coil pitch. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai pengaruh tube diameter, coil pitch, shellside dan laju aliran massa tabung

sisi atas koefisien kinerja dan efektivitas modifikasi dari vertikal helical coil tubes heat exchanger. Percobaan dilakukan untuk kedua aliran laminar dan aliran turbulen di dalam temperatur aksial heat exchanger. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa hubungan  $-NTU$  dari campuran konveksi heat exchanger adalah sama dengan counter-flow heat exchanger.

### 2.3. Aliran Fluida

Aliran fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) 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.

Menurut hukum Newton sebuah aliran fluida jika dilihat dari pergerakannya dapat dibedakan menjadi tiga aliran yaitu aliran laminar, aliran turbulen dan transisi. Aliran laminar adalah sebuah aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Sedangkan aliran turbulen adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antara lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Sedangkan aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. (Aznam Barun dan Eko Rukmana, 2010).

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.

Gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak

mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir. Dengan demikian kedua – duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida (Olson, 1990)

Rudi yulia baha'ullah dkk (2016) melakukan Analisi Numerik Aliran Fluida pada saluran *t-junction*. Pada penelitian ini dilakukan penelitian mengenai aliran fluida dua dimensi pada saluran bercabang tegak lurus (*T-Junction* 900) dengan satu penghalang *square* yang terletak pada salah satu titik percabangan untuk mengetahui karakteristik kecepatan aliran fluida di daerah belakang penghalang *square*. Ada tujuh variasi letak penghalang *square*, nantinya dipilih satu posisi penghalang *square* yang paling cocok untuk memaksimalkan kecepatan aliran fluida. Pada penelitian ini penghalang *square* dalam posisi yang permanen tidak terpengaruh kecepatan aliran sehingga tidak terjadi pergeseran posisi penghalang. Penghalang *square* diharapkan dapat memaksimalkan nilai rata-rata kecepatan aliran sungai yang masuk ke PLTA Tulung agung. Simulasi aliran fluida menggunakan *software* MATLAB, setelah itu untuk mencari nilai rata rata kecepatan dibelakang penghalang *square* menggunakan *software* Microsoft Excel.

M. Hasan Albana ( 2014 ).melakukan Analisis Numerik Aliran Fluida di Sekitar Silinder Sirkular. Analisis aliran fluida secara komputasional, faktor penting yang harus mendapat perhatian utama adalah mesh. Mesh sangat menentukan akurat atau tidaknya hasil simulasi yang telah dilakukan. Domain kumputasi harus dipilih secara hati-hati dan cermat.Pada penelitian ini meshing dibuat dengan menggunakan program Gambit 2.4. *Computational Boundary* pada bagian *upstream* dan *downstream* adalah 7D dan 20D sedangkan pada bagian sisi *upper* dan *lower* adalah 7D. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan diskritisasi order pada CFD Fluent (*first order up wind*, *second order up wind* dan *third order MUSCL*) menggunakan model turbulensi *Standard k-ε* dan *k-ω SST* yang digunakan untuk menganalisa aliran fluida pada silinder sirkular dengan bilangan Reynolds yang tinggi. Hasil simulasi dibandingkan dengan data eksperimen yang telah dipublikasikan.



### 2.3.1 Klasifikasi aliran

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

#### 2.3.1.1 Aliran Tunak (*steady*)

Suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan).

#### 2.3.1.2 Aliran Tidak Tunak (*unsteady*)

Suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

### 2.3.2 Bilangan Reynolds

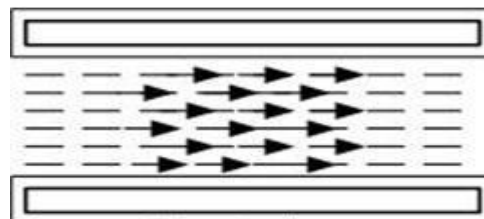
Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

$$Re = \frac{v.d.\rho}{\mu} \quad (2.4)$$

Berikut Tiper-tipe aliran

#### 2.3.2.1 Aliran Laminar

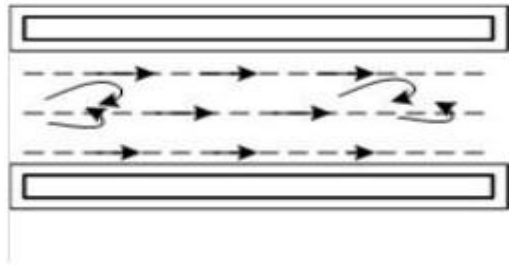
Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldsnya kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).



Gambar 2.4. Aliran Laminar

### 2.3.2.2 Aliran transisi

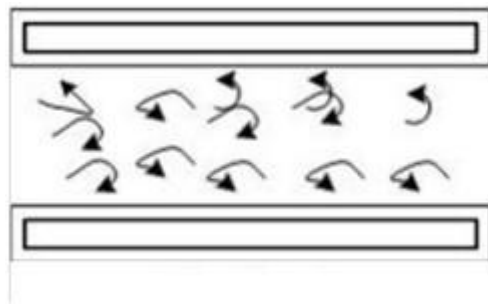
Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).



Gambar 2.5. Aliran Transisi

### 2.3.3.3 Aliran Turbulen

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



Gambar 2.6. Aliran Turbulen

### 2.3.3 Bilangan Nusselt (Nu)

Bilangan nusselt merupakan angka yang didapat dari pengukuran eksperimental, yang terdiri dari angka *reynold*, *prandtl* dan konstanta yang harganya tergantung pada geometri saluran dan sifat aliran. Komponen konduktif diukur dibawah kondisi yang sama dengan konveksi dengan kondisi fluida tidak bergerak. Aliran panas konduksi dan konveksi sifatnyaa sejajar satu sama lainnya dan terhadap permukaan normal terhadap bidang batas.

$$Nu = 0,023. Re_D^{\frac{4}{5}}. Pr^{0,4} \quad (2.5)$$

Koefisien perpindahan panas

$$h = \frac{Nu.K}{DH} \quad (2.6)$$

$$DH = \frac{4A}{P} \quad (2.7)$$

### 2.3.4 Pressure Drop

Penurunan tekanan pada suatu aliran yang disebabkan oleh gesekan pada dinding atau kerugian antara fluida dengan saluran. Pada alat penukar kalor, semakin tinggi *pressure drop* atau pemurunan tekanan akan menyebabkan semakin tinggi daya yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengalirkan fluida. *Losses* atau kerugian yang terjadi pada aliran fluida dibagi menjadi 2 yaitu (*major losses*) yang mana jenis kerugian ini disebabkan karena adanya faktor gesekan yang dimiliki oleh dinding sedangkan (*minor losses*) adalah jenis kerugian yang disebabkan oleh instalasi saluran seperti belokan, siku, sambungan. Penurunan tekanan yang terjadi pada alat penukar kalor dirumuskan :

$$\Delta P = \rho g h \quad (2.8)$$

#### 2.4. Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

Tabel 2.1 Konduktivitas Termal (JP.Holman, 2010)

Material	Thermal Conductivity W/m.K
Copper	385
Aluminium	202
Carbon Steel 1% C	43
Chrome Steel 20% Cr	22,5
Chrome Nickel Steel	16,3
Concrete	1,13
Glass	0,78
Water	0,556
Asbestos	0,11
Air	0,024

#### 2.5 Sirip (*Fin*)

Sirip adalah sebuah permukaan yang memanjang dari objek untuk meningkatkan laju panas ke atau dari lingkungan dengan meningkatkan jumlah konduksi, konveksi, radiasi dari sebuah objek menentukan jumlah transferan panas. Aplikasi sirip juga sering dijumpai pada sistem pendinginan ruangan, peralatan elektronik, motor bakar, trailing edge sudu turbin gas dan alat penukar kalor (Istanto, Juwana. 2010). Sirip juga banyak digunakan untuk pendinginan perangkat komputer (Purwadi. 2008). Salah satu tipe sirip pada peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin (Istanto, Juwana. 2010).

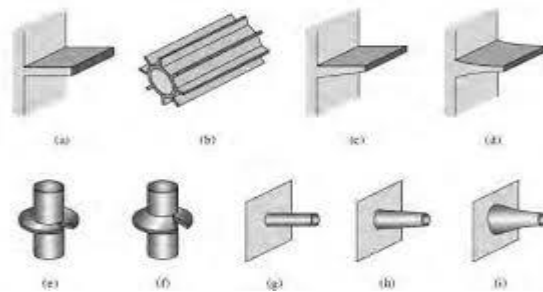
Sirip digunakan pada alat penukar kalor untuk meningkatkan luasan perpindahan panas antara permukaan utama dengan fluida di sekitarnya. Idealnya, material untuk membuat sirip harus memiliki konduktivitas termal yang tinggi untuk meminimalkan perbedaan temperatur antara permukaan utama dengan permukaan yang diperluas. Aplikasi sirip sering dijumpai pada system pendinginan ruangan, peralatan elektronik, motor bakar, *trailing edge* sudu turbin gas, alat penukar kalor kompak, dengan udara sebagai media perpindahan panasnya. Ada berbagai tipe sirip pada alat penukar kalor yang telah digunakan, mulai dari bentuk yang relatif sederhana seperti sirip segiempat, silindris, anular, tirus atau pin sampai dengan kombinasi dari berbagai geometri yang berbeda dengan jarak yang teratur dalam susunan segaris (*in-line*) ataupun selang-seling (*staggered*).

Salah satu tipe sirip pada peralatan penukar kalor yang mempunyai banyak pemakaian dalam berbagai aplikasi industri adalah sirip pin. Sirip pin adalah elemen berbentuk silinder atau bentuk lainnya yang dipasang secara tegak lurus terhadap dinding alat penukar kalor dengan fluida pendingin mengalir dalam arah aliran melintang terhadap dinding alat penukar kalor tersebut. Sirip-sirip pin dapat meningkatkan luas permukaan pelepas panas, dan menyebabkan aliran yang turbulen sehingga meningkatkan unjuk kerja disipasi panas yang berdampak pada meningkatnya ketahanan dan umur peralatan. Terdapat berbagai parameter yang menggolongkan sirip pin, seperti bentuk pin, tinggi pin, diameter pin, perbandingan tinggi dan diameter pin dan sebagainya yang dapat disusun secara segaris ataupun secara selang-seling terhadap arah aliran fluida pendinginnya

Laju perpindahan panas dari suatu rakitan sirip pin ke lingkungan tergantung pada distribusi temperatur pada sirip pin dan plat dasar, geometri sirip pin, jarak antara ujung sirip pin dengan permukaan atas saluran udara (*shroud clearance*), sifat-sifat fluida, laju aliran udara, jarak antara titik pusat sirip (*inter-pin pitch*), susunan sirip pin dan orientasi dari alat penukar kalor. Laju perpindahan panas pada plat dasar dengan temperatur tertentu dapat ditingkatkan dengan menaikkan koefisien perpindahan panas rata-rata, menaikkan luas permukaan perpindahan panas atau kedua-duanya. Kenaikan perpindahan panas

dapat dicapai dengan cara konveksi paksa atau mengubah konfigurasi geometri dari alat penukar panas. Dalam praktiknya, cara-cara ini dibatasi oleh penurunan tekanan maksimum yang diijinkan melalui susunan sirip pin tersebut karena kenaikan perpindahan panas akan disertai penurunan tekanan. Energi yang hilang karena penurunan tekanan dapat melebihi energy yang didapatkan dari usaha peningkatan perpindahan panas tersebut.

Sirip adalah piranti yang berfungsi untuk mempercepat laju perpindahan panas dengan cara memperluas luas permukaan benda. Ketika suatu benda mengalami perpindahan panas secara konveksi, maka laju perpindahan panas dari benda tersebut dapat dipercepat dengan cara memasang sirip sehingga luas permukaan benda semakin luas dan pendinginannya semakin cepat. Berbagai jenis muka sirip dapat dilihat pada Gambar 2.4 (J.P. Holman 2010)



Gambar. 2.7 sirip

Sirip yang maksimum tidak didapatkan berdasarkan panjang sebuah sirip. Namun, efisiensi maksimum suatu sirip bisa didapatkan dari kuantitas material sirip (massa, volume, atau biaya), dan proses memaksimumkan ini jelas mempunyai arti ekonomi. Perlu dicatat pula bahwa sirip yang dipasang pada muka perpindahan kalor tidak selalu mengakibatkan peningkatan laju perpindahan kalor.. Hal ini disebabkan karena dibandingkan dengan tahanan konveksi, tahanan konduksi merupakan halangan yang lebih besar terhadap aliran kalor.(J.P. Holman 2010)

Untuk menunjukkan efektivitas sirip dalam memindahkan sejumlah kalor tertentu kita rumuskan suatu parameter baru, yang disebut efisiensi sirip (*fin efficiency*):

$$\eta_f = \frac{Q}{h_o PL\theta_0} = \frac{Q}{h_o 2L\theta_0} \quad (2.9)$$

Laju perpindahan panas akan meningkat dengan meningkatnya jumlah fin pada silinder, namun pada aliran udara rendah, pendinginan silinder akan berkurang dengan penyempitan jarak antar fin akibat penambahan jumlah fin. Hal tersebut disebabkan udara tidak mengalir dengan baik pada ruang antar fin (Yoshida dkk, 2006).

I nyoman gede rasmajaya, dkk (2018) melakukan uji Penggunaan heat pipe dengan sirip dan tanpa sirip dengan posisi vertikal pada system air Conditioning sangat berpengaruh terhadap temperatur udara masuk kabin, heat pipe dengan sirip lebih baik dalam mereduksi temperatur dibandingkan dengan menggunakan heat pipe tanpa sirip. Laju pendinginan yang dibutuhkan sistem HPAC untuk temperatur kabin 16<sup>0</sup>C menggunakan heat pipe dengan sirip membutuhkan waktu 443 detik lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan heat pipe tanpa sirip

Supriyono (2005) melakukan penelitian perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Proses perhitungan yang digunakan dalam perpindahan panas tidak hanya dilakukan melalui pengamatan langsung, namun juga melalui perhitungan numeris. Dalam menggunakan perhitungan numeris, para peneliti maupun praktisi saat ini banyak yang masih menggunakan metode beda hingga. Salah satu metode penyelesaian yang saat ini sedang dikembangkan adalah penggunaan metode elemen hingga. Dengan menggunakan metode elemen hingga, ada banyak domain yang mampu terselesaikan, tidak hanya segi empat, segi tiga, ataupun segi lima. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode elemen hingga perhitungan perubahan panas akan lebih sedikit dibandingkan dengan menggunakan metode beda hingga. Perangkat lunak yang dibangun juga dapat untuk menghitung perambatan panas untuk banyak elemen sebarang.

Miriam, Sarah (2011) melakukan penelitian dan membuat suatu program yang dapat melakukan komputasi distribusi suhu pada suatu sistem yang dalam keadaan tunak. Bentuk geometri sistem yang dipilih adalah penurunan persamaan perpindahan panas. Dari hasil pengamatan yang dilakukan penulis, program komputasi distribusi suhu yang dirancang menggunakan metode LSOR, melalui pendekatan beda hingga, dalam bahasa MATLAB, telah berhasil dirancang dan dapat berfungsi dengan semestinya. Secara umum tingkat ketelitian dari program komputasi ini dapat dikatakan cukup tinggi. Hasil keluaran dari program ini divisualisasikan oleh MATLAB dalam grafik kontur dan grafik dua dimensi yang berwarna. Perbedaan derajat panas ditunjukkan oleh perbedaan warna pada grafik.

Novianarenti, Eky (2016) melakukan penelitian guna mengetahui karakteristik aliran dan perpindahan panas diluar pipa yang mengalir secara *crossflow*. Salah satunya adalah dengan melakukan modifikasi susunan pipa pada daerah *surface condenser* yaitu untuk mengembunkan *exhaust steam* menjadi air murni sehingga mungkin kembali ke generator uap sebagai *boiler feed water*. Dan didapatkan penggunaan *device* berupa *rectangular plate* yang ditambahkan di daerah kritis pada *tube banks condenser* yang tersusun *staggered* memiliki pengaruh terhadap karakteristik perpindahan panas. Hal tersebut dikarenakan adanya peningkatan kecepatan di daerah sekitar *tube* tersebut dan berkontribusi terhadap penurunan tekanan.

## 2.5.1 Aplikasi sirip dalam kehidupan

### 2.5.1.1 Di dunia Industri

Salah satu penerapan (*fins*) di industri besar adalah pada komponen penukar kalor . pada pipa tipe double pipe dipergunakan aliran fluida tidak terlalu banyak. Penggunaan sirip disini adalah tipe double pipe, dimana HE menggunakan sirip sebagai alat untuk melepaskan kalor ke lingkungan sekitar.



#### 2.5.1.2 Di kehidupan sehari-hari

Salah satu aplikasi sirip dalam kehidupan sehari-hari adalah sistem pendingin mesin pada sepeda motor. Sirip berguna menjadi perantara pelepasan energi panas yang dihasilkan ruang bakar motor. Jika energi panas yang dihasilkan ruang bakar tidak dialirkan atau dilepaskan ke udara, maka akan terjadi pemuaian yang berlebihan pada logam komponen mesin yang akan berakhir dengan macet nya piston pada silinder.

#### 2.6 ACWH (Air Conditioner Water Heater)

*Air Conditioner Water Heater* (ACWH) merupakan perangkat AC konvensional yang digabungkan dengan perangkat pemanas air, sistem pemanas air pada ACWH bekerja dengan memanfaatkan panas buang pada kondensor, kalor yang umumnya dilepaskan ke lingkungan secara cuma-cuma dimanfaatkan untuk memanaskan air yang tersimpan pada tangki penampung (*heat recovery system*) sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik. Pemanas air pada ACWH bekerja dengan energi yang gratis sehingga dapat menghasilkan kerja berguna dengan energi cuma-cuma. (reyhan dkk, 2017)

Air conditioning water heater adalah pemanas air dengan memanfaatkan panas freon dari AC yang biasanya terbuang. Freon panas dialirkan ke *heat exchanger* (alat penukar kalor) yang akan memanaskan air di tangki penampungan. (Aziz, 2015)

Air Conditioner Water Heater (ACWH) adalah sistem yang memanfaatkan panas buang dari sistem pendinginan untuk memanaskan air. Sebagian kalor dari refrigeran yang sudah dikompresi oleh kompresor digunakan untuk memanaskan air dengan bantuan alat penukar kalor. Penukaran kalor inilah yang sangat menentukan kinerja dari Air Conditioner Water Heater (ACWH). Dibutuhkan penukar kalor yang dapat memindahkan kalor semaksimal mungkin dari refrigeran tanpa menyebabkan *pressure drop* berlebihan yang dapat mempengaruhi kinerja sistem pendingin.

Adzrijal aziz dkk, (2014) melakukan penelitian tentang Analisis kinerja Air Conditioning sekaligus sebagai water heater, Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dari sebuah alat uji sistem AC yang telah dimodifikasi dengan menambahkan sebuah kondensor dummy yang ditempatkan di dalam sebuah tangki air berkapasitas 50L. AC yang digunakan adalah AC tipe *low Watt* 1 PK dengan daya 670W, dengan kapasitas pendinginan 8.900 Btu/h. Diagram skematik ACWH yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1., alat uji yang digunakan pada penelitian ini sama dengan alat uji yang digunakan dalam penelitian sebelumnya (Azridjal dkk, 2013). Katup kontrol digunakan untuk mengatur dua fungsi sistem AC. Pada penelitian ini, untuk mengetahui kinerja AC yang sekaligus sebagai pemanasair (ACWH) pengujian dilakukan dalam empat jenis kondisi pengujian. Setiap kondisi dilakukan selama 120 menit dan pengambilan data dilakukan setiap 5 menit.

Reyhan kiay demak dkk (2017) melakukan penelitian tentang variasi massa refrigerant terhadap kinerja air conditioner water heater. Penelitian ini dilakukan eksperimen pada perangkat ACWH dengan *heat exchanger* tipe *helical* dengan panjang pipa 9 meter. Variasi massa refrigeran 700 gram, 750 gram, 800 gram, dan 850 gram dimana massa *refrigerant* rekomendasi dari perangkat AC tersebut sebesar 750 gram. Pengujian dilakukan selama 120 menit dengan volume air pada tangki penyimpanan 60 Liter. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati kinerja ACWH dan sistem *heat recovery* terhadap variasi massa *refrigerant*.

## 2.7 Pengertian Simulasi

Simulasi adalah suatu teknik meniru operasi – operasi atau proses – proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah ( Law and Kelton, 1991.)

Dalam simulasi digunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem

Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan untuk melakukan eksperimen dalam rangka mencari komentar terbaik dari komponen – komponen sistem. Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara rill. Dengan melakukan simulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer.

Pendekatan simulasi diawali dengan pembangunan model sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana berbagai komponen dalasistem saling berinteraksi sehingga benar – benar mengaambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut akan diinformasikan ke dalam komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan

Arif fatahillah. (2014) melakukan penelitian terhadap profil sedimentasi pasir dengan menggunakan analisa numerik dengan berbantuan software FLUENT maka kesimpulan yang didapatkan adalah jika kedua saluran sungai memiliki tingkat tekanan dan kecepatan aliran yang sama maka area sedimentasi pasir berpotensi terjadi didaerah sebelum pertemuan kedua sungai tersebut, sedangkan jika memiliki tingkat pressure dan velocity yang berbeda akan berada setelah daerah pertemuan kedua sungai tersebut dengan kondisi ideal yaitu pressure dan velocity anak sungai lebih tinggi daripada induk sungai.

Angger bagus prasetyio,dkk (2019) melakukan analisa numerik perpindahan panas pada mold injeksi plastik dengan menggunakan metode komputasi ini, membuktikan bahwa pentingnya pemilihan mesh sebelum melakukan simulasi. Penggunaan jenis mesh sendiri untuk juga mempengaruhi bidang suhu dan profil suhu yang terjadi pada saluran pendingin serta resolusi profil kontur. penelitian yang dilakukan bahwa penggunaan mesh polyhedral untuk bentuk geometri yang kompleks mampu meminimalisir waktu iterasi simulasi dan dapat mempercepat konvergen perhitungan, hal tersebut dibuktikan dengan hasil iterasi simulasi pada saluran lurus mampu konvergen pada iterasi ke-268 dari total keseluruhan iterasi sekitar 1000 iterasi dan iterasi simulasi saluran konformal konvergen pada iterasi ke-232 dengan total keseluruhan iterasi sekitar 1000.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh A.fikry nur ilmi dkk, (2014) tentang Karakteristik Pemulihan Tekanan Pada Sudden Expansion Chanel dengan menggunakan analisa numerik dengan bantuan software ansys 14 diketahui dalam pengujian ini, distribusi tekanan statis berbeda pada sudden expansion antara step , hal tersebut mengakibatkan aliran menjadi berbelok arah menuju tekanan yang lebih rendah dan Semakin tinggi bilangan reynold maka akan sebanding lurus dengan nilai coefficient pressure, Hasil visualisasi aliran dengan menggunakan metode skin friction didapatkan aliran mengalami pembelokan dikarenakan tidak mampunya aliran melawan adverse pressure gradient dari salah satu sisi.

### 2.7.1. Permodelan Sistem dan Simulasi

Sistem adalah objek yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Objek yang menjadi komponen dari sistem dapat berupa objek terkecil dan bisa juga berupa sub-sistem atau sistem yang lebih kecil lagi. Dalam definisi ini disertakan elemen lingkungan karena lingkungan sistem memberikan peran yang sangat penting terhadap perilaku sistem itu. Bagaimana komponen – komponen sistem itu berinteraksi, hal itu adalah dalam rangka mengantisipasi lingkungan.

Mengamati sistem bukan hanya mendefinisikan komponen – komponen pendukung sistem, tetapi lebih dari itu harus pula mengetahui perilaku dan variabel – variabel yang ada didalamnya. Paling tidak analisis terhadap sistem harus dapat membuat konsepsi tentang sistem itu.

Ada beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisis, dan mengoperasikan suatu sistem, salah satu nya adalah membuat permodelan, membuat model dari sistem tersebut.

Model adalah alat yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Sebagai alat komunikasi yang sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berfikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya.

Model didefinisikan sebagai alat deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen- komponen berinteraksi. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Hal ini merupakan prinsip permodelan, yaitu bahwa permodelan bertujuan untuk mempermudah analisa dan pengembangannya.

### 2.7.2 Pengertian Numerik

Numerik atau biasa dikenal dengan metode numerik adalah teknik-teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan.

### 2.7.3 Pengertian Simulasi Numerik

Simulasi numerik adalah simulasi yang digunakan dengan menggunakan suatu teknik untuk melakukan percobaan, yang melibatkan variabel-variabel fungsi matematika dan logika untuk menjelaskan tingkah laku dan struktur suatu sistem nyata kompleks. Simulasi numerik dapat digunakan untuk merancang, menganalisa, dan menilai suatu sistem.

### 2.7.4. Klasifikasi Model Simulasi

Pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu (Law and Kelton, 1991) :

#### 2.7.4.1 Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis

Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu

#### 2.7.4.2 Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik.

Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variable yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem

seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik. Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret.

Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

## 2.8. Computational Dynamic Fluida (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* merupakan suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisa aliran fluida beserta karakteristik yang ditimbulkan akibat Bergeraknya suatu benda pada fluida tersebut. Persamaan dasar yang digunakan pada CFD merupakan persamaan yang didasarkan pada dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Prinsipnya adalah suatu ruang berisi fluida yang akan dilakukan perhitungan dibagi menjadi beberapa bagian. Bagian-bagian ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Sel merupakan sebuah kontrol perhitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi. Pada setiap sel akan dilakukan perhitungan dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang dipakai pada proses perhitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer.

CFD adalah suatu teknik menganalisis sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas ataupun reaksi kimia menggunakan simulasi komputer. Ada dua persamaan dasar untuk kajian aliran fluida pada turbin air yaitu :

### 1. Hukum Kekekalan Massa

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot (\rho V) \quad (2.8)$$

### 2. Kekekalan Momentum

$$\rho \left[ \frac{\delta V}{\delta t} V \cdot \nabla \cdot V \right] = F_b - \nabla p + \mu \cdot \nabla^2 + \frac{\mu}{3} \nabla (\nabla \cdot V) \quad (2.9)$$

### 3. Hukum Kekekalan Energi

#### Persamaan Energi

$$\frac{\partial(Er)}{\partial t} + \frac{\partial(uE)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_r)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_r)}{\partial z} = -\frac{\partial(...u)}{\partial x} - \frac{\partial(...w)}{\partial z} -$$
$$\frac{1}{\text{Re Pr}} \left( \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial}{\partial x} (u\tau_{xx} + v\tau_{xy} + w\tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial y} (u\tau_{xy} + v\tau_{yy} + w\tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (u\tau_{xz} + v\tau_{yz} + w\tau_{zz}) \right)$$

(2.10)

CFD memanipulasi kedua persamaan dasar diatas ke dalam bentuk persamaan aljabar diskrit dan diselesaikan untuk mendapatkan nilai-nilai diskrit pada ruang dan waktu tertentu, menggunakan komputer.

#### 2.8.1 Proses *Computational Fluid Dynamic*

Secara umum proses perhitungan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terdiri atas 3 bagian utama yaitu:

##### 2.8.1.1 *Pre-processing*

Pre-processing adalah langkah awal dalam menganalisa sebuah model CFD. Sebelum sebuah model dianalisa, geometri model harus di definisikan terlebih dahulu menjadi domain komputasi. Kemudian membuat meshing yang sesuai dengan geometri dan analisa yang akan dilakukan. Terakhir mendefinisikan kondisi batas dan sifat dari fluida yang akan digunakan.

##### 2.8.1.1.1 *Meshing*

Proses *meshing* bertujuan untuk membagi *solution domain* menjadi bagian bagian yang lebih kecil lagi yang disebut dengan *cell*. Keakuratan dan perhitungan tergantung dari dan ukuran serta struktur *cell*. Proses perhitungan yaitu melalui iterasi diantara *cell-cell* dalam *mesh*. Jumlah pembagian mesh ini nantinya akan menentukan keakuratan dari hasil komputasi numerik yang dilakukan. Semakin halus hasil *meshing* maka hasil komputasi numerik akan semakin akurat, namun waktu proses komputasi numerik akan menjadi lebih lama. *Software Ansys Fluent flow* akan menyeimbangkan gaya dan aliran-aliran massa pada setiap *cell* hingga *error* dapat diprediksi dan diperkecil. Kualitas *meshing* dapat

diukur menggunakan *mesh metric*. Skala kualitas *meshing* untuk *mesh metric skewness* ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Skala Kualitas *Meshing*

<i>Value of Skewness</i>	0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 -0,8	0,8 – 0,95	0,95 – 0,98	0,98 – 1,00
<i>Quality</i>	<i>Excellent</i>	<i>Very Good</i>	<i>Good</i>	<i>Acceptable</i>	<i>Bad</i>	<i>Unacceptable</i>

### 2.8.1.2 Solving

*Solving CFD* merupakan proses pengolahan dan perhitungan dari kondisi yang telah di tetapkan saat pre-processing. Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan metode numerik berupa pendekatan variabel yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana, diskritisasi dengan substitusi pendekatan kedalam persamaan yang mengatur aliran, serta solusi dari persamaan aljabar.

### 2.8.1.3 Post-processing

Post-processing merupakan tahap akhir dalam analisis CFD. Tahap ini, hasil dari komputasi numerik yang telah dilakukan dibuat visualisasikan dan di dokumentasikan dalam bentuk gambar, kurva, dan animasi. Hasil visualisasi dan dokumentasi akan dibuat untuk melakukan analisa.

## 2.8.2 Persamaan dasar CFD

Pada dasarnya CFD merupakan pendekatan dari karakteristik fluida dengan kondisi *real*. CFD menggunakan persamaan dasar dinamika fluida yaitu persamaan kekekalan massa dan momentum. Berikut persamaan dasar yang digunakan dalam simulasi Pipa Kapiler.

### 2.8.2.1 Continuity

Sistem merupakan beberapa massa yang tetap atau tidak berubah. Secara sederhana, prinsip dari hukum kekekalan massa adalah laju perubahan massa sistem terhadap waktu sama dengan nol. Massa sistem konstan pada saat



sitem bergerak melalui medan aliran. Berdasarkan pada hukum konservasi massa muncul persamaan kontinuitas untuk 2 dimensi sebagai berikut:

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \frac{\delta \rho u}{\delta x} + \frac{\delta \rho v}{\delta y} = 0 \quad (2.11)$$

Karena fluida bersifat *incompressible*, maka massa jenis dianggap konstan.

Sehingga persamaan diubah menjadi:

$$\frac{\delta u}{\delta y} + \frac{\delta v}{\delta y} = 0 \quad (2.12)$$

Dimana:

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} = \text{Perubahan massa jenis terhadap waktu persatuan luas } (Kg \cdot m^{-2} s^{-1})$$

$$\frac{\delta \rho u}{\delta x} = \text{Perubahan flux massa persatuan luas pada sumbu x } (Kg \cdot m^{-2} s^{-1})$$

$$\frac{\delta \rho v}{\delta y} = \text{Perubahan flux massa persatuan luas pada sumbu y } (Kg \cdot m^{-2} s^{-1})$$

#### 1. Persamaan momentum

Hukum Newton Kedua menyebutkan bahwa gerakan pada system merupakan laju perubahan momentum linear pada sistem sama dengan jumlah seluruh gaya luar yang bekerja pada sistem. Gaya yang bekerja pada suatu sistem dapat dibagi menjadi 2, yakni *surface force* dan *body force*. Pada keadaan normal, gaya yang bekerja pada partikel udara adalah *Surface force*. *Surface force* dapat dicontohkan seperti gaya gravitasi, gaya tekan, dan gaya viskous. *Surface force* biasanya berkaitan dengan tekanan (P) dan komponen tengangan ( $\tau$ ). Sedangkan untuk *body force* contohnya yaitu gaya sentrifugal dan gaya elektromagnet.

*Incompressible Navier-Stoke Equation* merupakan persamaan momentum yang digunakan dalam sistem CFD. Persamaan *Navier-Stoke* untuk fluida *incompressible* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho = \left( \frac{\delta u}{\delta t} + u \frac{\delta u}{\delta x} + v \frac{\delta u}{\delta y} \right) = \rho g x - \frac{\delta p}{\delta x} + \mu \left( \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} \right) \quad (2.13)$$

$$\rho = \left( \frac{\delta v}{\delta t} + u \frac{\delta v}{\delta x} + v \frac{\delta v}{\delta y} \right) = \rho g y - \frac{\delta p}{\delta x} + \mu \left( \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} \right)$$

## 2. Turbulensi

Turbulensi merupakan fenomena aliran fluida yang sering ditemukan dalam berbagai aplikasi industri. Aliran turbulensi sering ditemukan pada penukar kalor, reaktor kimia, kecepatan aliran yang melewati turbin air. Dalam CFD salah terdapat beberapa jenis model turbulensi. Kelebihan dan kelemahan model turbulensi CFD dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Kelebihan dan Kelemahan Model Turbulensi CFD

Model Turbulensi	Kelebihan	Kelemahan
<i>Realizable k-ε model</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lebih akurat untuk memprediksi laju penyebaran fluida</li> <li>2. bagus untuk aliran yang melibatkan putaran, lapisan batas gradien tekanan yang besar, separasi, dan resirkulasi</li> </ol>	Terbentuknya viskositas turbulen non-fisik pada kasus dimana domain perhitungan mengandung zona fluida yang diam dan berputar ( <i>multiple reference frame, sliding mesh</i> )
<i>k-ω model</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak membutuhkan fungsi dinding</li> <li>2. Berfungsi baik pada aliran terpisah</li> </ol>	Butuh <i>mesh</i> yang baik pada daerah dekat dinding.
<i>Shear Stress Transport (SST) Model</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menggunakan <i>k-ε model</i> pada aliran bebas dan <i>k-ω</i> pada daerah dekat dinding</li> <li>2. Berfungsi sangat baik pada tekanan terpisah</li> <li>3. Banyak disarankan untuk menggantikan <i>k-ε model</i></li> </ol>	Butuh <i>mesh</i> yang baik pada daerah yang dekat dengan dinding

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian Analisa Numerik APK *shell helical coil* bersirip pada Aplikasi ACWH ini dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Gedung D lantai 3 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

#### 3.1.2 Waktu

Pengerjaan Analisa Numerik ini dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Penyediaan alat dan bahan						
2	Studi literature						
3	Penulisan proposal						
4	Desain helical coil						
5	Pengujian dan pengambilan data						
6	Analisa data						
7	Penulisan laporan akhir						
8	Seminar hasil dan sidang sarjana						

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Adapun Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

#### 3.2.1.1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam analisa numerik ini adalah sebagai berikut :

- a. Processor : Intel(R) Core (TM) i3 CPU M380 2,53ghz
- b. Ram : 4,00 GB
- c. Operating system : Windows 7



Gambar 3.1 Laptop

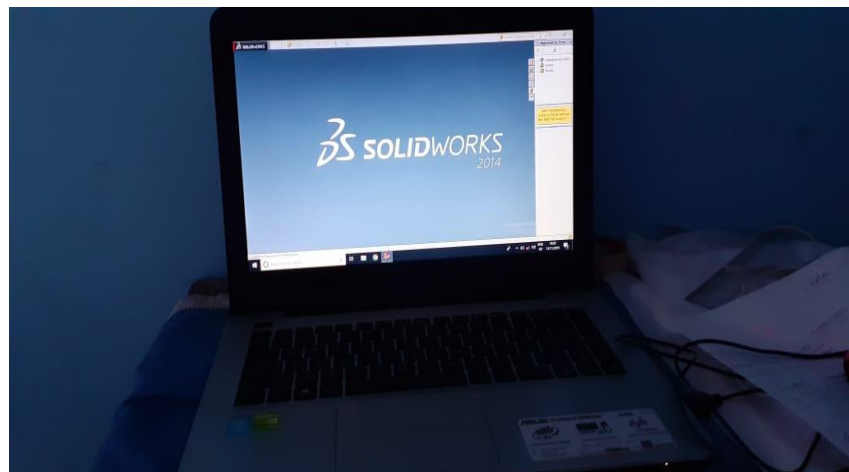
#### 3.2.1.2 Software Solidwork

*Software solidworks* yang sudah terinstal pada laptop adalah solidworks 2014 dengan persyaratan sistem pada komputer. Program solidworks merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan desain dan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu market dari benda pun dapat dipercepat. *Solidworks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Parameter mengacu pada kendala yang nilainya menentukan bentuk atau geometri dari

model atau perakitan. Parameter dapat berupa parameter numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau parameter geometris, tangen paralel, paralel konsentris, horizontal atau vertikal parameter (Prabowo, 2009).

Program ini relatif lebih mudah digunakan dibandingkan program-program sejenisnya. Selain digunakan untuk menggambar komponen 3D, *solidworks* juga biasa digunakan untuk menggambar 2D dari komponen tersebut bisa dikonversi ke format dwg yang dapat dijalankan pada program CAD.

Dibawah ini adalah contoh gambar tampilan dari *Solidworks* 2014

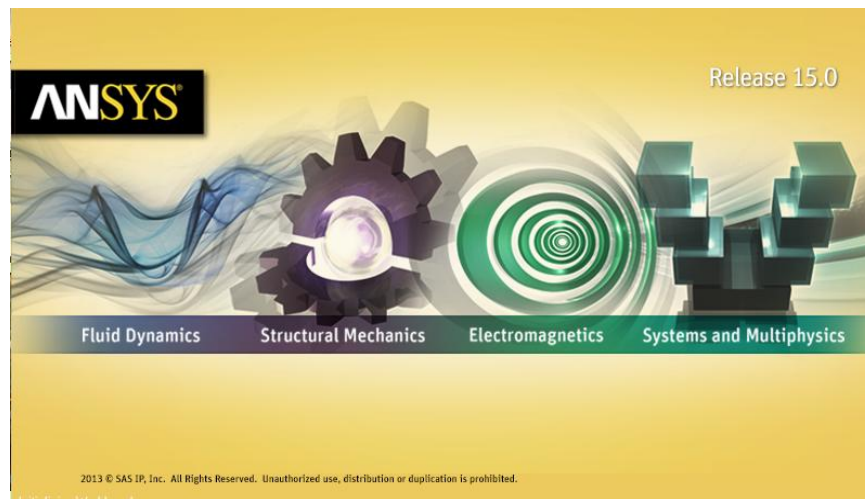


Gambar 3.2 Software solidwork 2014

### 3.2.1.3 Software Ansys

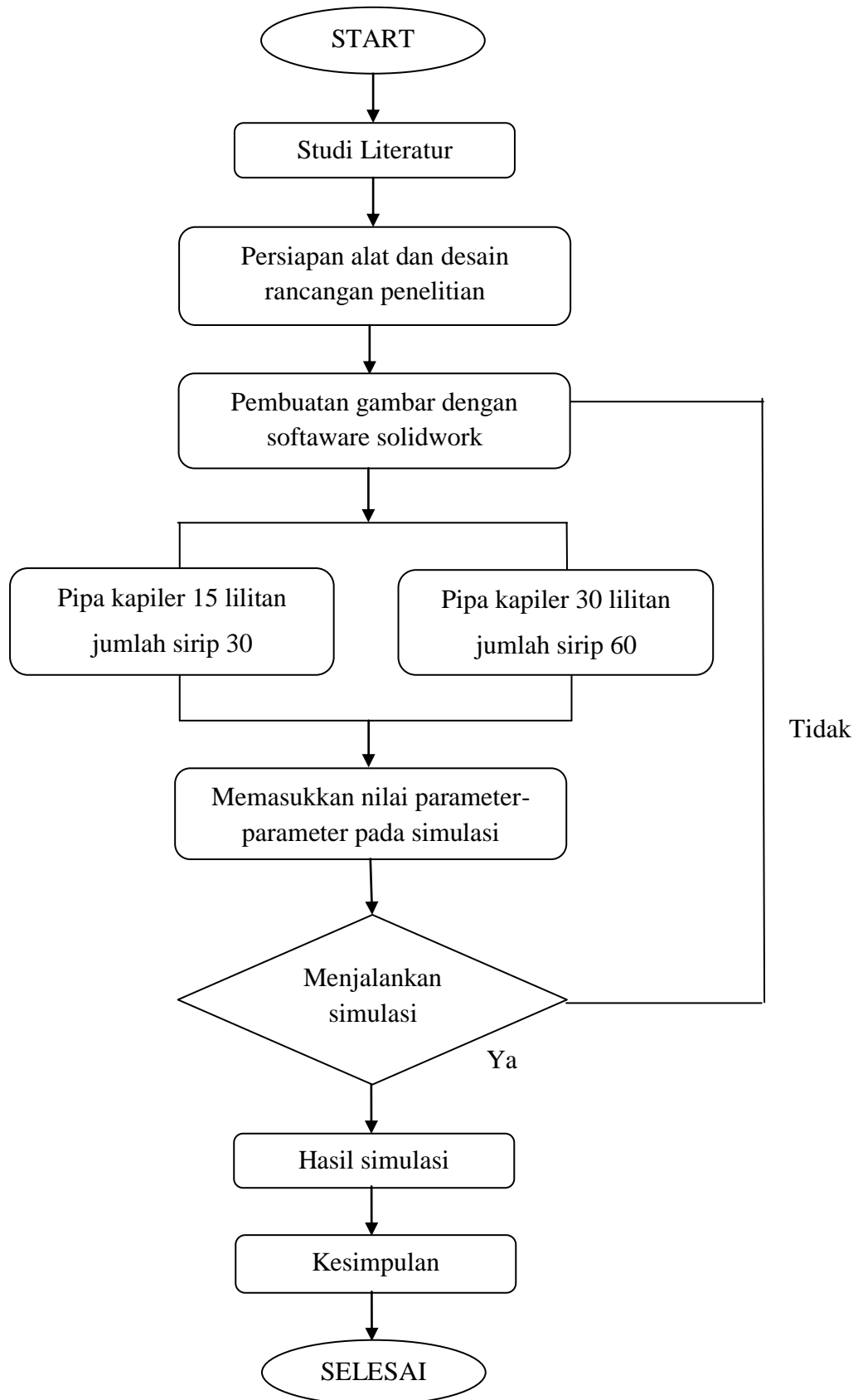
Ansys adalah sebuah software analisis elemen hingga (finite element), bisa dipakai untuk melakukan analisis mekanika benda tegar, analisis fluida, dan analisis perpindahan panas. *Ansys* merupakan *computer aided engineering* (CAE) yang dikembangkan oleh *Ansys, Inc.* Perusahaan tersebut telah mengembangkan banyak produk Cae. Dari banyak produk komersial yang mereka kembangkan, *Ansys, Inc.* mungkin hanya memiliki dua produk yang paling terkenal yakni *Ansys Mechanical* & *Ansys Multiphysics*. Bagi pelajar dan dunia pendidikan, *Ansys, Inc.* memberikan beberapa versi *Ansys Multiphysics*

non komersial seperti *Ansys University Advanced* dan *Ansys University Research*.



Gambar 3.3 Software Ansys

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

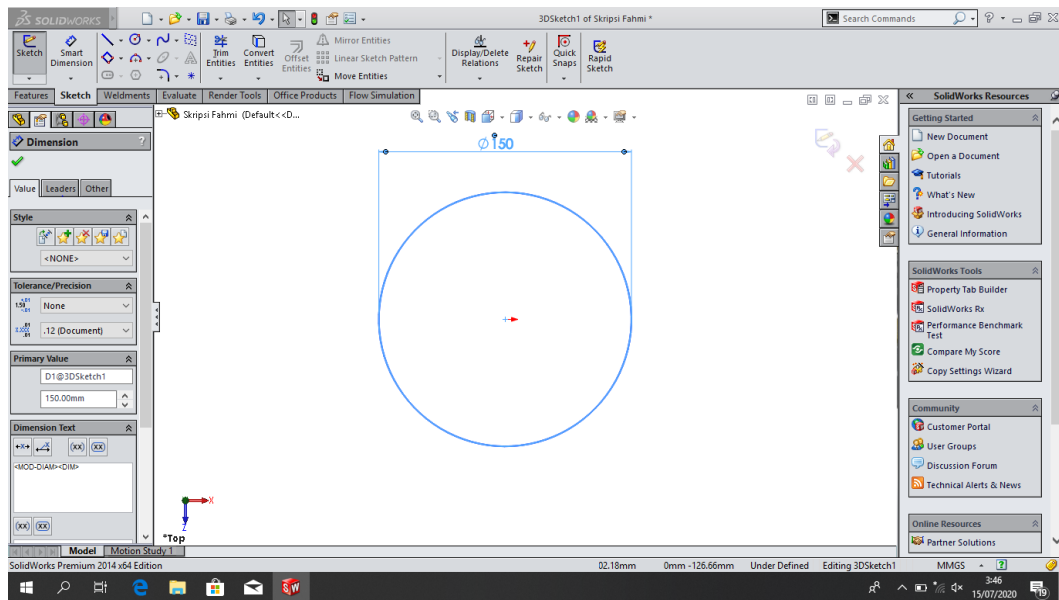


Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

### 3.4 Perancangan *Shell helical coil* bersirip

#### 1. Shell helical coil dengan jumlah 30 sirip dan jumlah lilitan 15

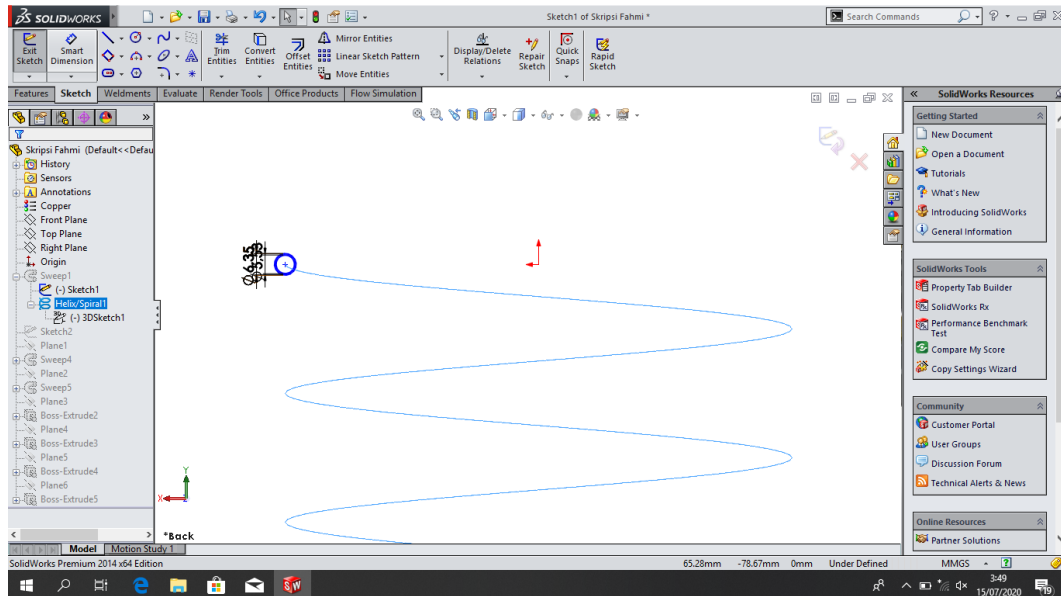
- Desain 2D shell helical coil bersirip dengan menu *sketch* untuk menentukan ukuran dan jumlah lilitan seperti gambar dibawah ini jumlah lilitan yang akan dibuat adalah sebanyak 15 lilitan dan sirip 30



Gambar 3.5 *sketch* bawah shell helical coil bersirip

- Setelah menu *sketch*, pilih menu *curves* untuk menentukan ukuran lilitan dengan ukuran panjang pipa 8 m, tinggi 305 mm diameter dalam 5,35 mm dan diameter luar 6,35 mm dari shell helical coil bersirip.

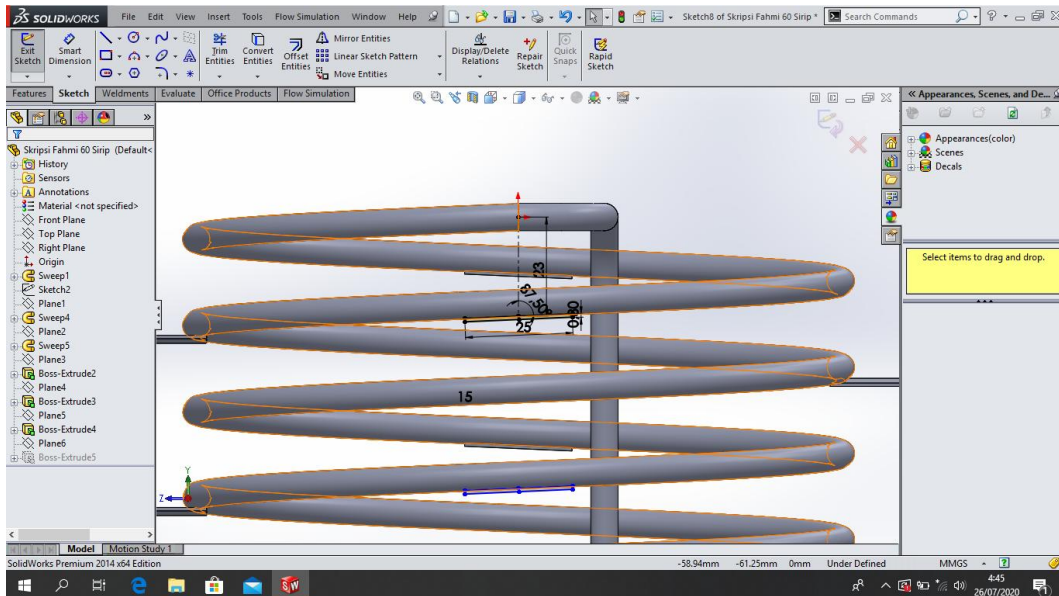




Gambar 3.6 memberikan ukuran dari *shell helical coil* bersirip

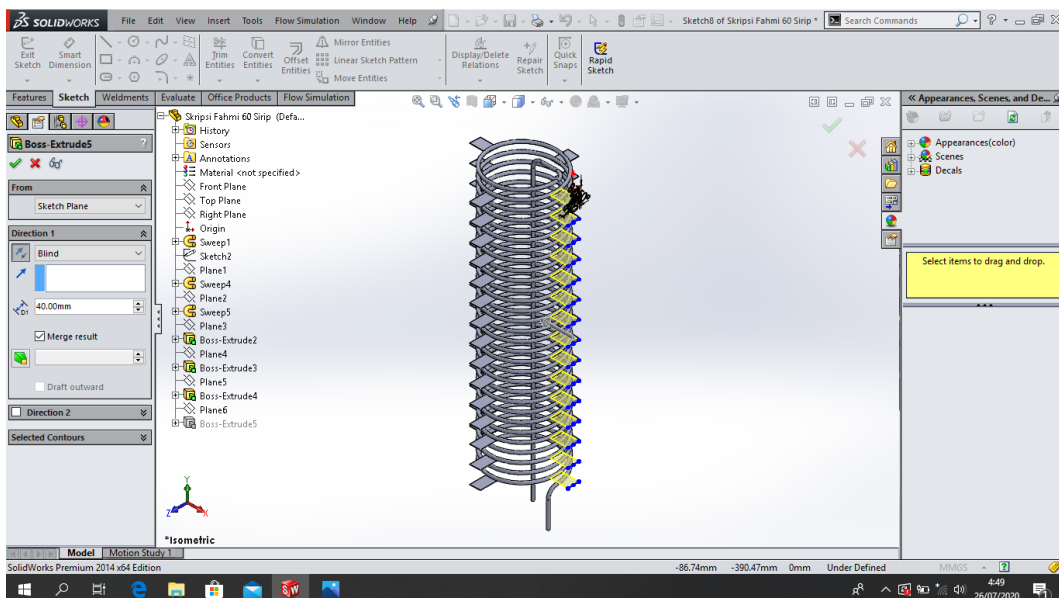
Membuat desain *shell helical coil* bersirip 15 lilitan dan 30 sirip  
*Shell helical coil* bersirip yang akan dirancang memiliki ukuran berikut ini :

- Diameter helical coil : 150 mm
  - Diameter luar : 0,635 mm
  - Diameter dalam : 0,41 mm
  - Tinggi helical coil : 305 mm
  - Panjang pipa : 8 m
  - Jumlah lilitan : 15 lilitan
  - Panjang sirip : 40 mm
  - Lebar sirip : 25 mm
  - Jumlah sirip : 30
  - Menggunakan pipa dan plat berbahan tembaga
- 
- Setelah di *curves*, selanjutnya membuat dan menentukan ukuran sirip dengan panjang 40 mm dan lebar 25 mm tebal 0,4 mm sebanyak 30 sirip



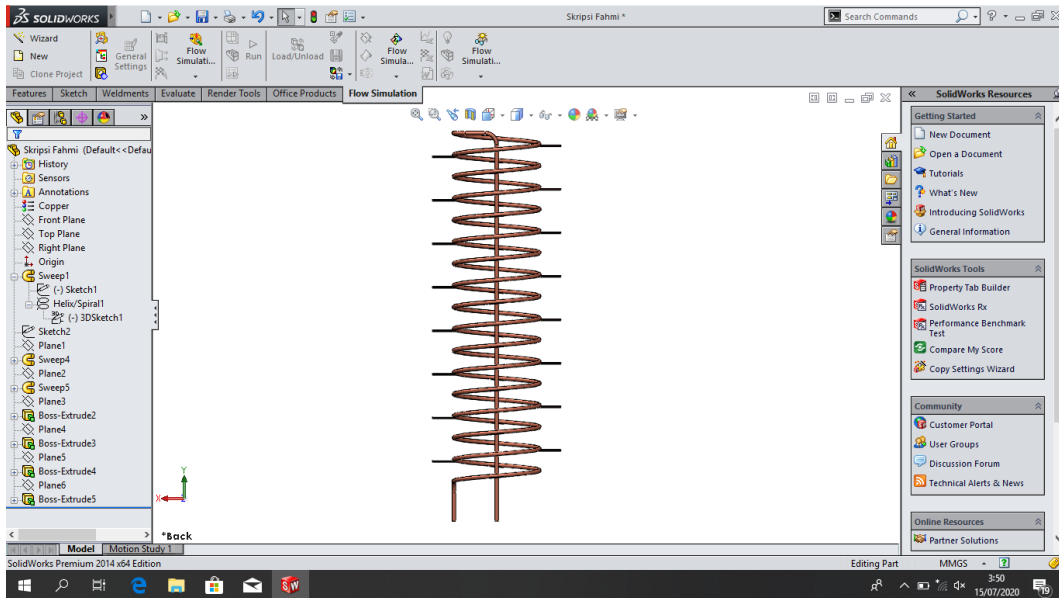
Gambar 3.7 desain ukuran sirip

- Setelah ukuran sirip ditentukan, selanjutnya pilih menu *linear sketch pattern* untuk memperbanyak desain sirip.



Gambar 3.8 desain shell helical coil bersirip setelah di *linear sketch*

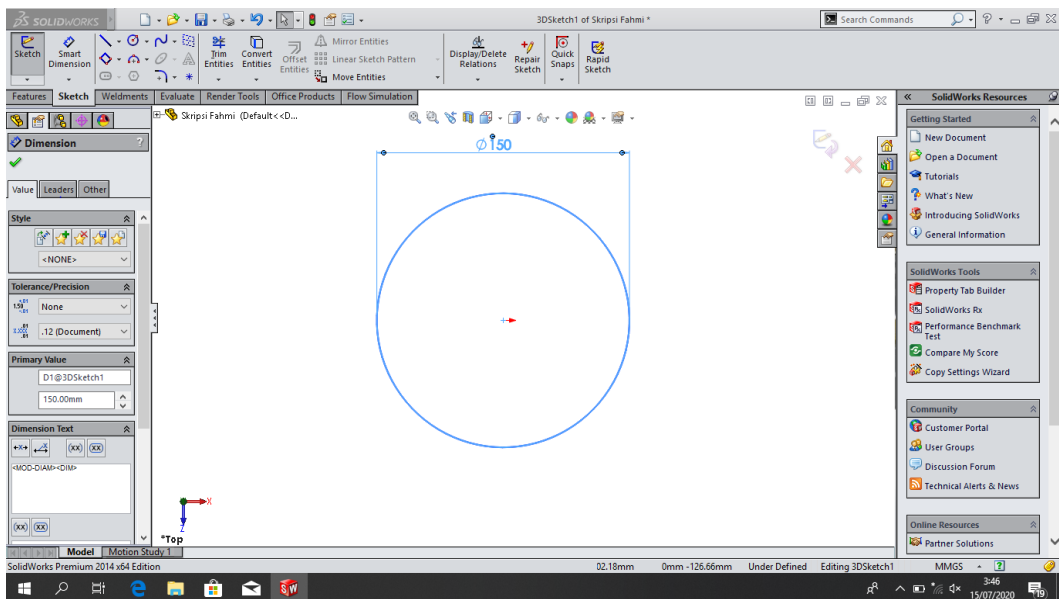
- Setelah memilih "*linear sketch pattern*", selanjutnya pilih menu "*boss extructh*"



Gambar 3.9 desain setelah di *boss extrutch*.

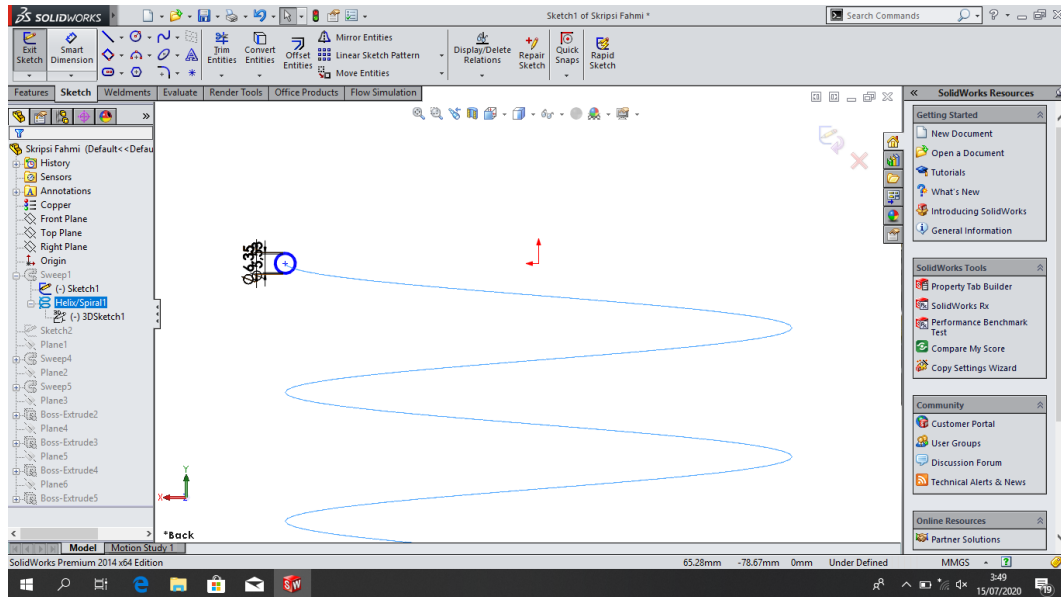
2. Shell helical coil dengan jumlah sirip 60 dan jumlah lilitan 30

- Desain 2D shell helical coil bersirip dengan menu *sketch* untuk menentukan ukuran dan jumlah liitan seperti gambar dibawah ini jumlah lilitan yang akan dibuat adalah 30 dan sirip 60.



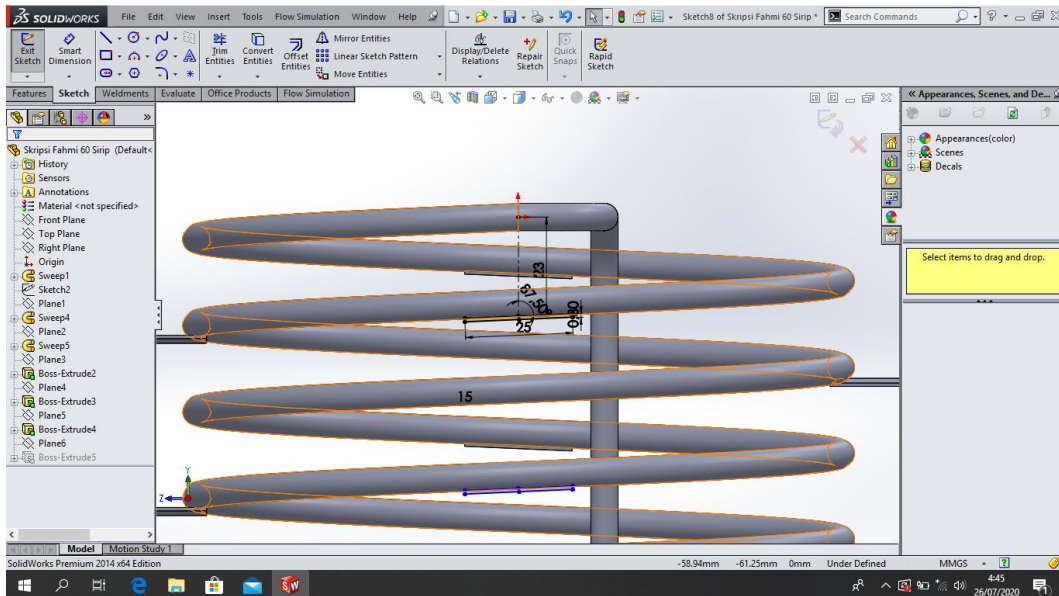
Gambar 3.10 *sketch* bawah shell helical coil bersirip

- Setelah menu *sketch*, pilih menu *curves* untuk menentukan ukuran lilitan dengan ukuran panjang pipa 16 m, tinggi 600 mm diameter dalam 5,35 mm dan diameter luar 6,35 mm dari shell helical coil bersirip.



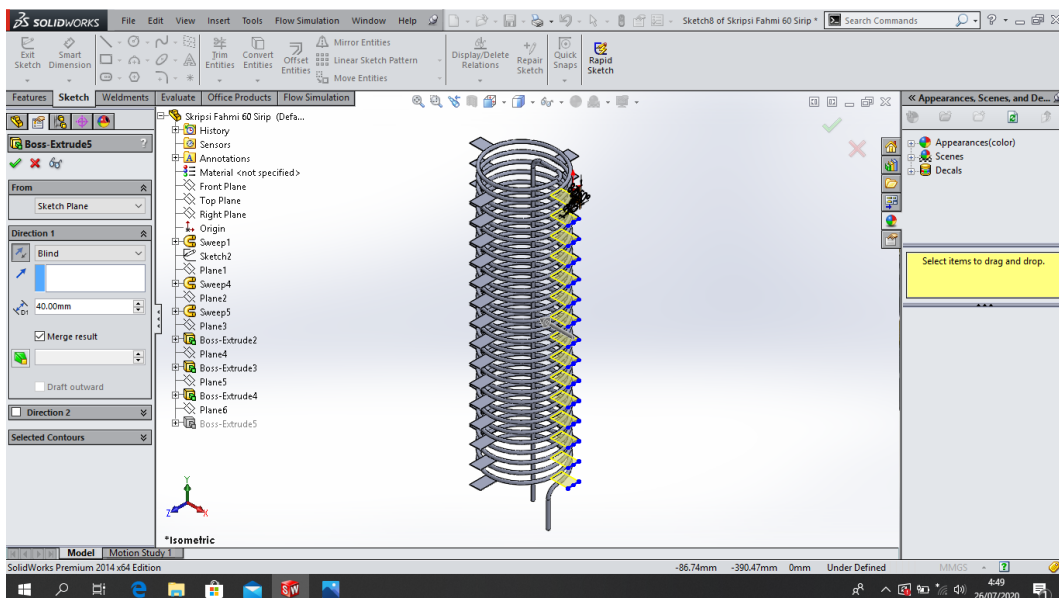
Gambar 3.11 memberikan ukuran dari shell helical coil bersirip

- Setelah di *curves*, selanjutnya membuat dan menentukan ukuran sirip dengan panjang 40 mm dan lebar 25 mm tebal 0,4 mm sebanyak 60 sirip.
- Diameter helical coil : 150 mm
- Diameter luar : 0,635 mm
- Diameter dalam : 0,41 mm
- Tinggi helical coil : 305 mm
- Panjang pipa : 8 m
- Jumlah lilitan : 30 lilitan
- Panjang sirip : 40 mm
- Lebar sirip : 25 mm
- Jumlah sirip : 60
- Menggunakan pipa dan plat berbahan tembaga



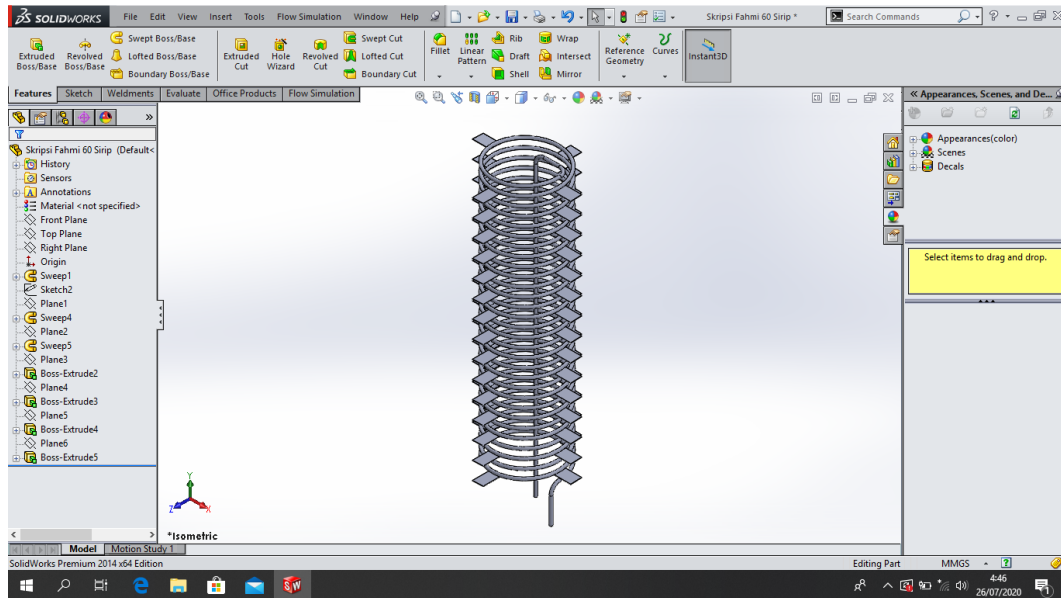
Gambar 3.12 Desain ukuran sirip

- Setelah ukuran sirip ditentukan, selanjutnya pilih menu *linear sketch pattern* untuk memperbanyak desain sirip.



Gambar 3.13 Desain shell helical coil bersirip setelah di *linear sketch*

- Setelah memilih "*linear sketch pattern*", selanjutnya pilih menu "*bos exstructh*"



Gambar 3.14 Gambar setelah di “*Bos exstrutch*”

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Tahapan Proses Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip 15 lilitan 30 Sirip

##### 1. Membangun Giometri

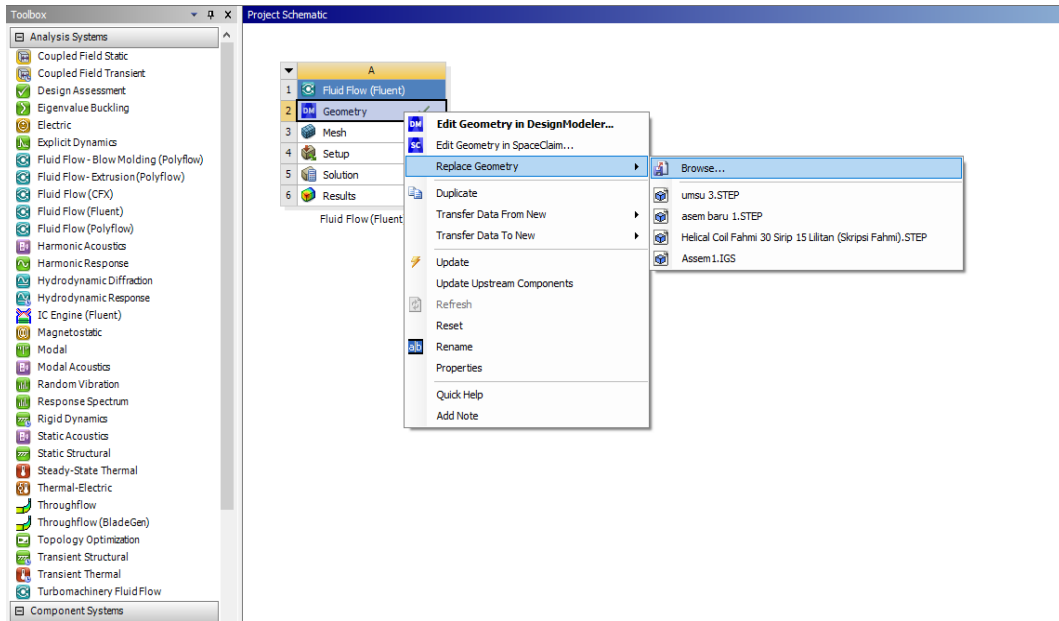
Membangun giometri di solidwork desain helical coil bersirip 15 lilitan dengan jumlah sirip 3, Setelah giometri dibangun di solidwork, maka file disimpan dalam bentuk IGES.



Gambar 3.15 Desain Sheel Helical Coil Bersirip 15 lilitan

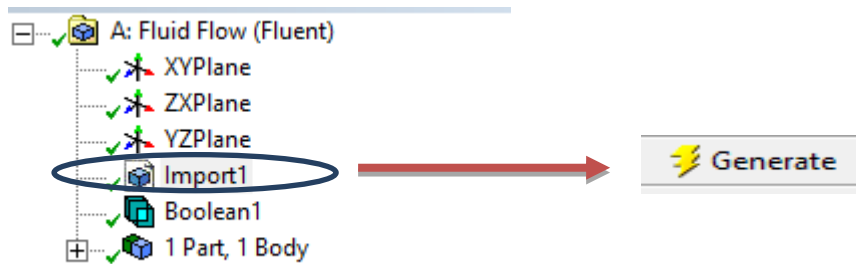
2. Import data ke Ansys CFD

Setelah di file disimpan dalam bentuk IGES, selanjut nya di import ke Ansys CFD, Setelah data diimport, maka tekan Generate untuk menginput data import ke dalam Ansys.



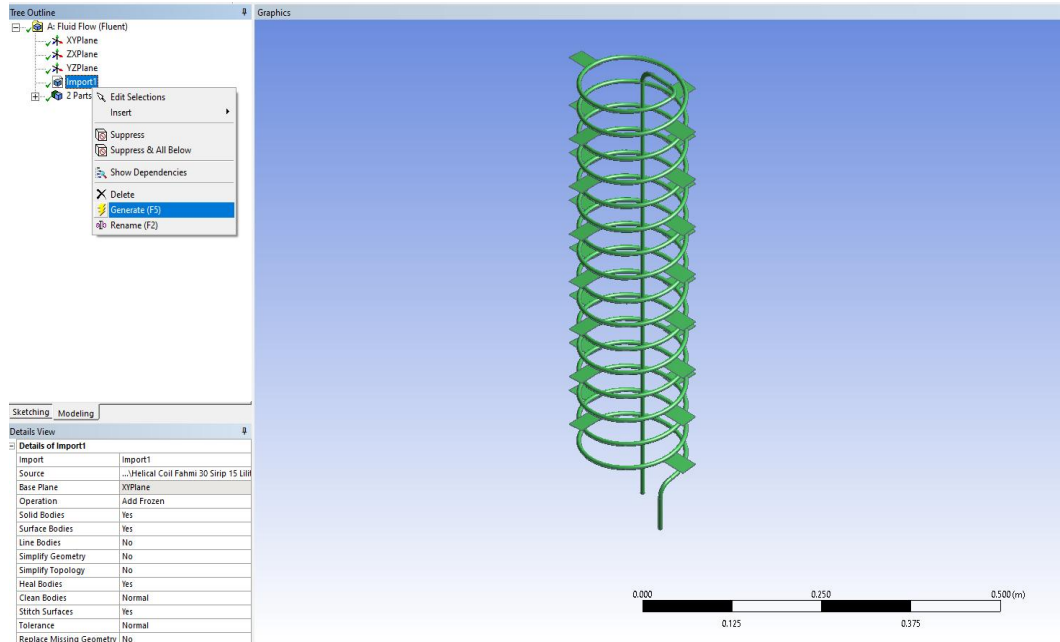
Gambar 3.16 Proses Input Data Ke Ansys

Setelah Data Di Import Maka Tekan Generate , Untuk Menginput Data Import Kedalam Ansys.



Gambar 3.17 Proses Import desain Ke generate

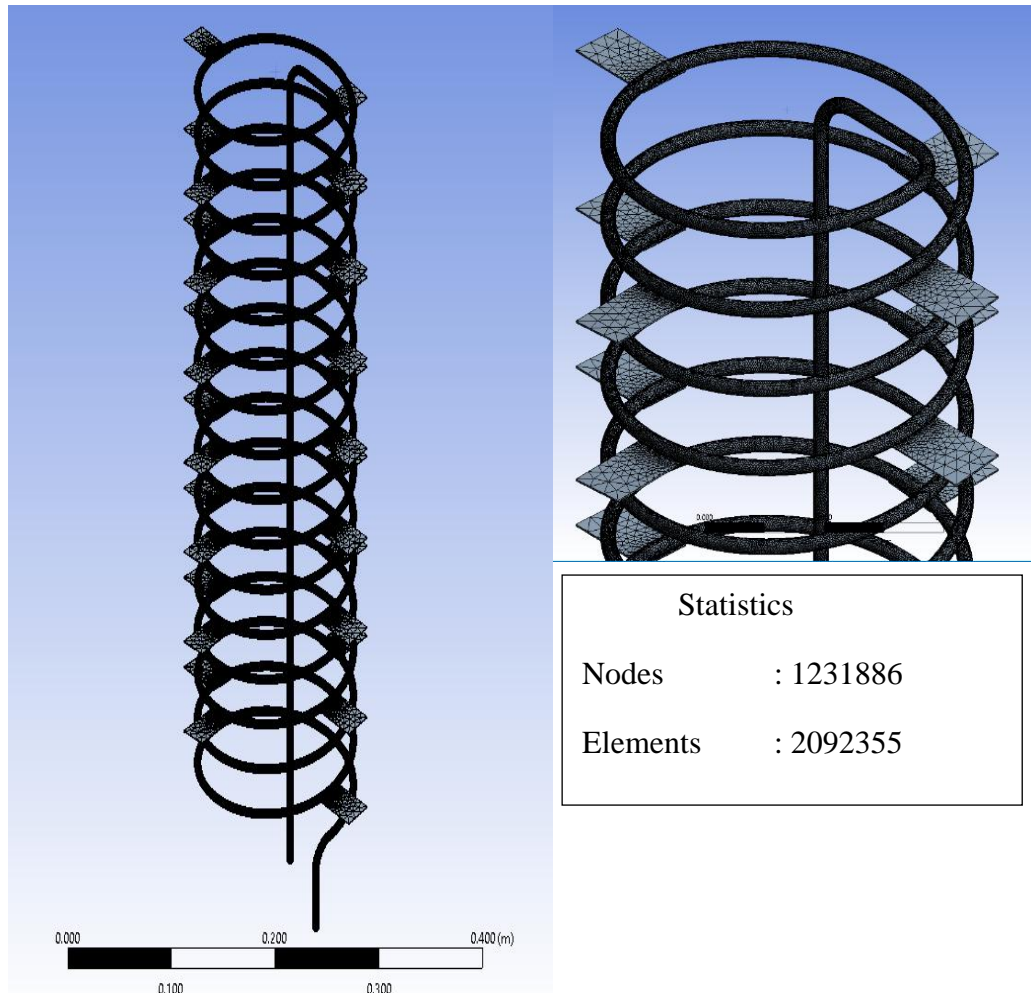




Gambar 3.18 Gambar Desain Setelah Di Import dan akan Di mesh

### 3. Mesh

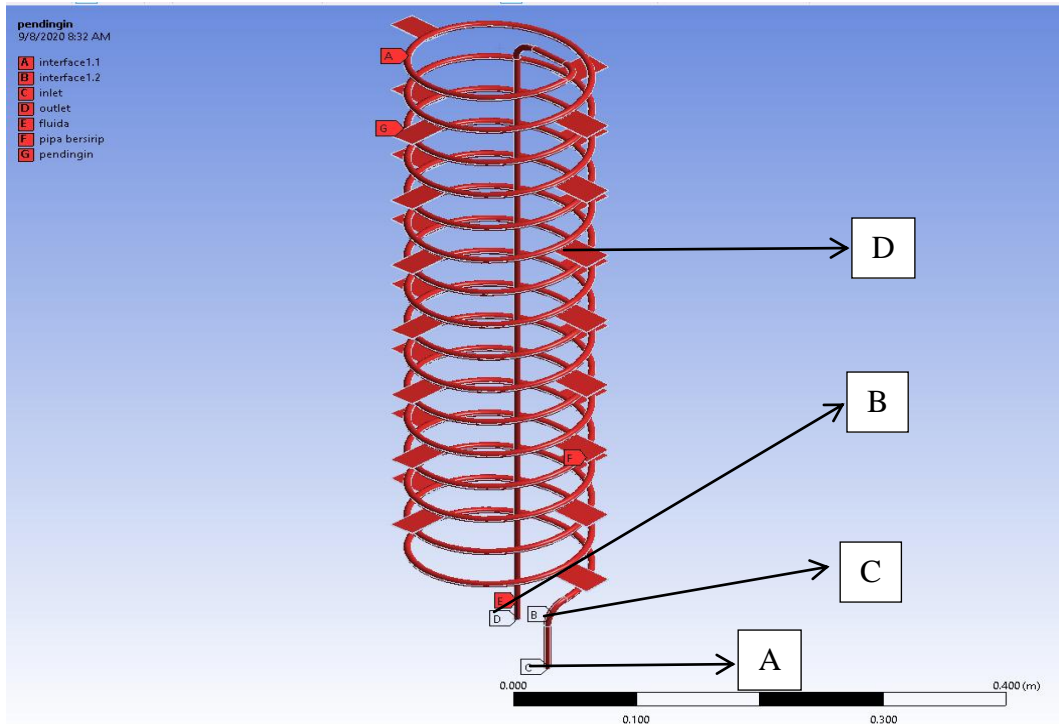
Pembuatan *mesh* atau yg lebih dikenal dengan istilah *meshing*, merupakan salah satu langkah dalam proses sebuah simulasi. untuk simulasi CFD yg umumnya menggunakan *Finite Volume Method (FVM)*. Mesh ini sendiri berguna untuk membagi geometry dari model menjadi banyak elemen yg nantinya digunakan oleh solver untuk membangun volume kontrol. Node dan elements berhubungan dengan jumlah mesh yang terbentuk (*FVM*). *Nodes dan Element* ini yang akan dianalisis untuk mendapatkan hasil simulasi. Model *Meshing* yang digunakan adalah *Hexahedrhon*



Gambar 3.19 Desain Setelah di Mesh

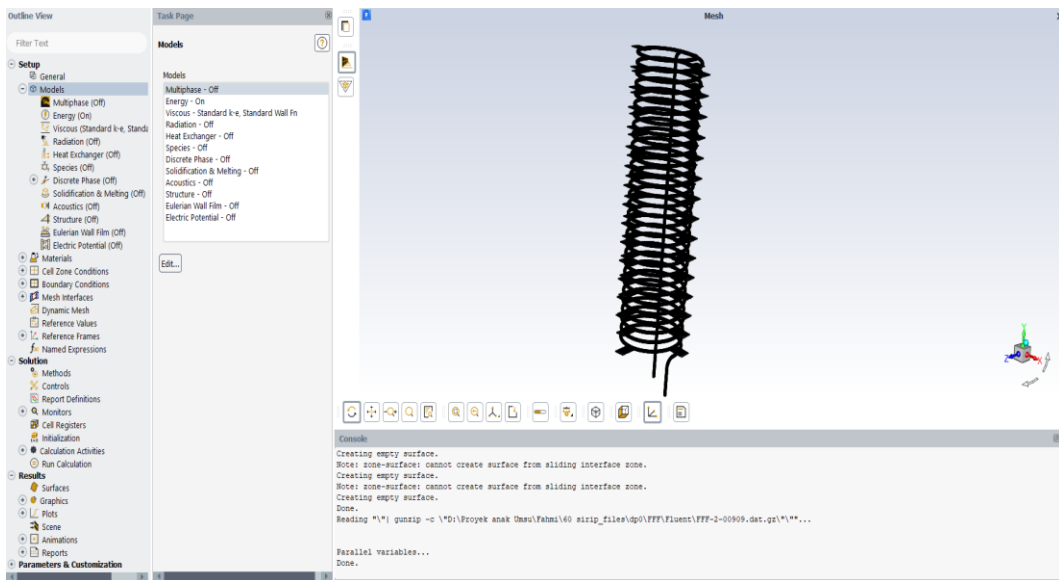
### 3.1 Menentukan Kondisi-kondisi Batas Simulasi

- a. Inlet ( Aliran refrigeran masuk APK ).
- b. Outlet (aliran Refrigeran Keluar APK ).
- c. Kondisi Batas Pendingin (air pendingin sesuai dengan hasil eksperimen) diasumsikan permukaan pipa bagian luar bersinggungan dengan air pendingin.
- d. Jalur aliran fluida (refrigeran) sepanjang pipa.



Gambar 3.20 Menentukan Kondisi-kondisi Batas Simulasi

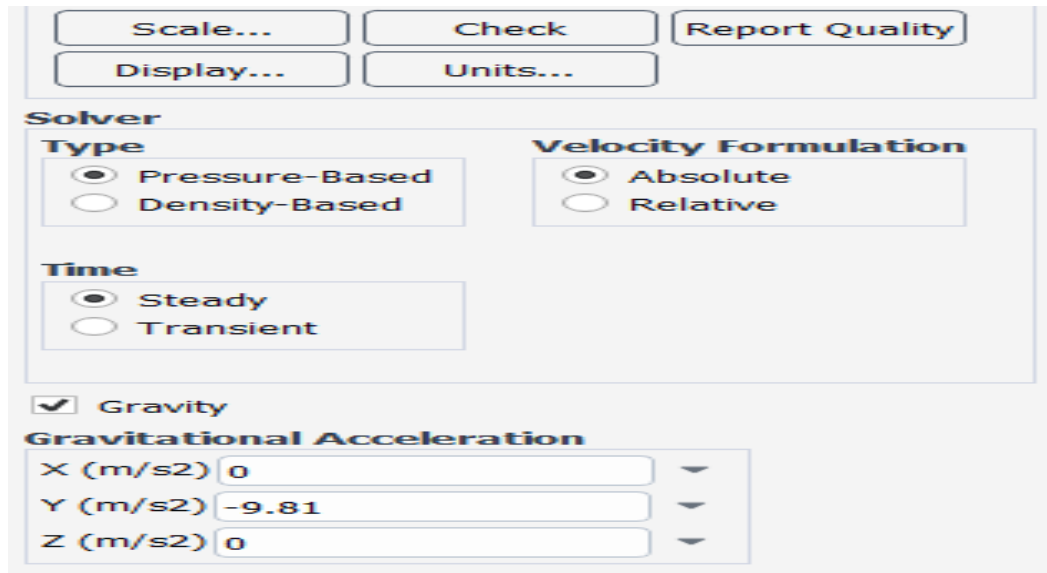
### 3.2 Setup



Gambar 3.21 Tahapan Setup

Steady kondisi sewaktu sifat-sifat suatu sistem tak berubah dengan berjalannya waktu atau dengan kata lain, konstan. Ini berakibat untuk setiap properti  $p$  dari sistem, turunan parsial terhadap waktu adalah nol.

Nilai Gravitasi di bumi adalah 9.81, pemberian tanda minus berarti arah dari gravitasi yang berlawanan dengan sumbu Y.



Gambar 3.21 menentukan *steady* dan gravitasi bumi

### 3.3 Model Persamaan energi dan jenis aliran pada simulasi

- a. Klik **Model**
- b. Pilih Energi – Pilih ON ( dengan mengaktifkan energi, maka simulasi akan memperhitungkan proses dengan perubahan energi
- c. Viscous – pilih Standar k-e, maka disimulasi akan diasumsikan lairan adalah Turbulen, hal ini karena aliran mempunyai bilangan reynold yang lebih dari 1106

Dimana bilangan reynold dapat dibuktikan pada penjelasan dibawah ini :

$$T_f = \frac{107,74 + 56,20}{2}$$

$$= 81,97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sebelum mencari bilangan reynold maka interpolasi nilai  $\rho_{freon}$

Tabel 3.2. Properties refrigerant R22

T	$\rho_{freon}$
80	893,7
81,97	876,1
85	844,8

Intpolasi nilai  $\rho_{freon}$  :

$$\rho_{freon} = 893,7 + \frac{(844,8 - 893,7)}{(85 - 80)} \cdot (81,97 - 80)$$

$$\rho_{freon} = 893,7 + (-9,78) \cdot (1,79)$$

$$\rho_{freon} = 876,1 \text{ kg/m}^3$$

Setelah mencari interpolasi  $\rho_{freon}$  , maka selanjutnya intepolasi  $\mu_{freon}$

Tabel 3.3. Properties refrigerant R22

T	$\mu$
80	17,55
81,97	17,77
85	18,71

Interpolasi nilai  $\mu_{freon}$  :

$$\mu_{freon} = 17,55 + \frac{(18,71 - 17,55)}{(85 - 80)} \cdot (81,97 - 80)$$

$$\mu_{freon} = 17,55 + (0,232) \cdot (1,97)$$

$$\mu_{freon} = 17,77$$

$$\mu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$= \frac{17,77}{876,1}$$

$$= 0,020 \text{ m/s}^2$$

Maka bilangan reynold (Re) :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu}$$

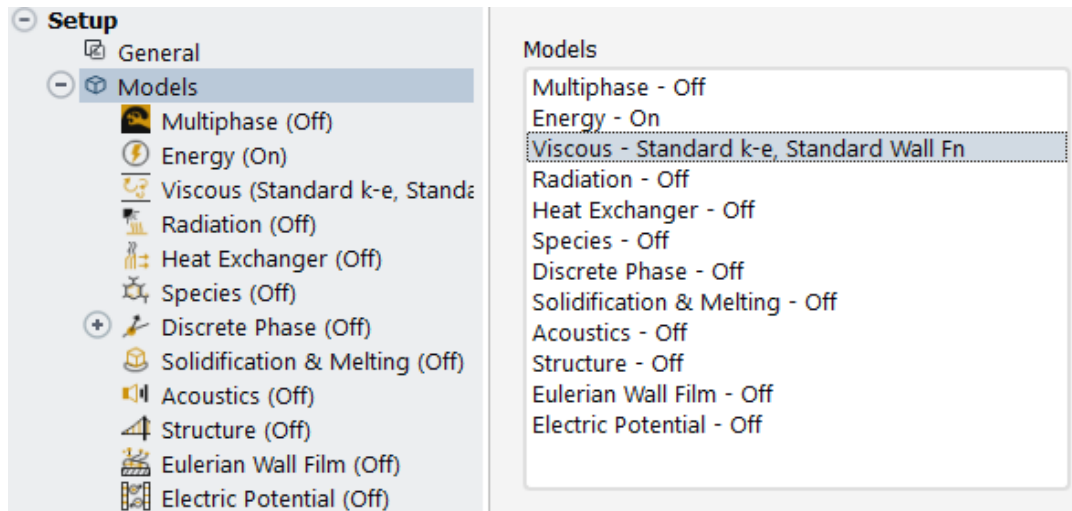
$$Re = \frac{0,4 \text{ m/s} \times 0,00553 \text{ m}}{0.020 \text{ m. s}}$$

$$= 0,1106$$

$$= 1106 \times 10^1$$

$$= 1106 < 2300 \text{ Laminar}$$

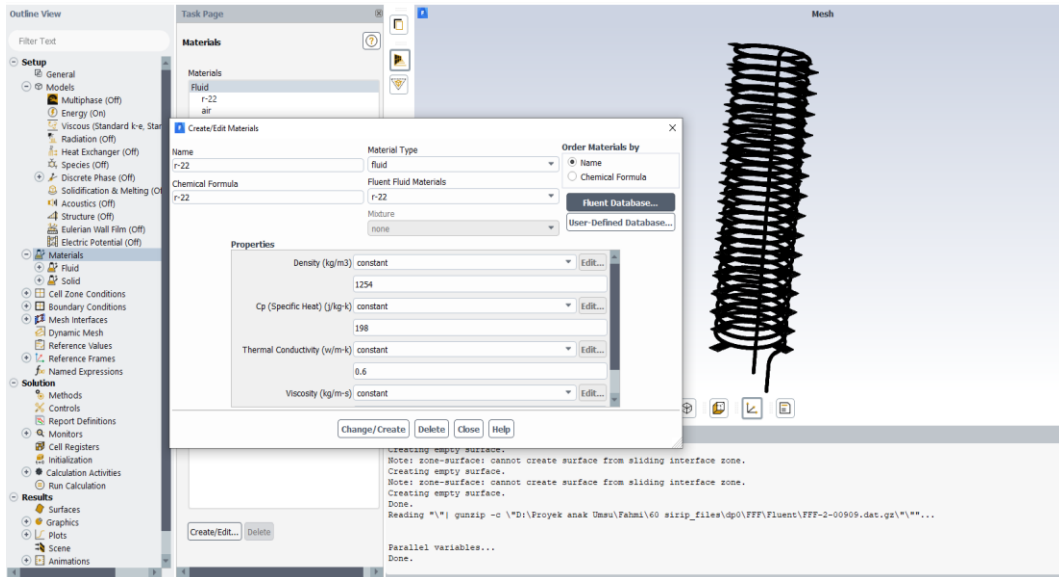
7. Menentukan material fluida dan pipa



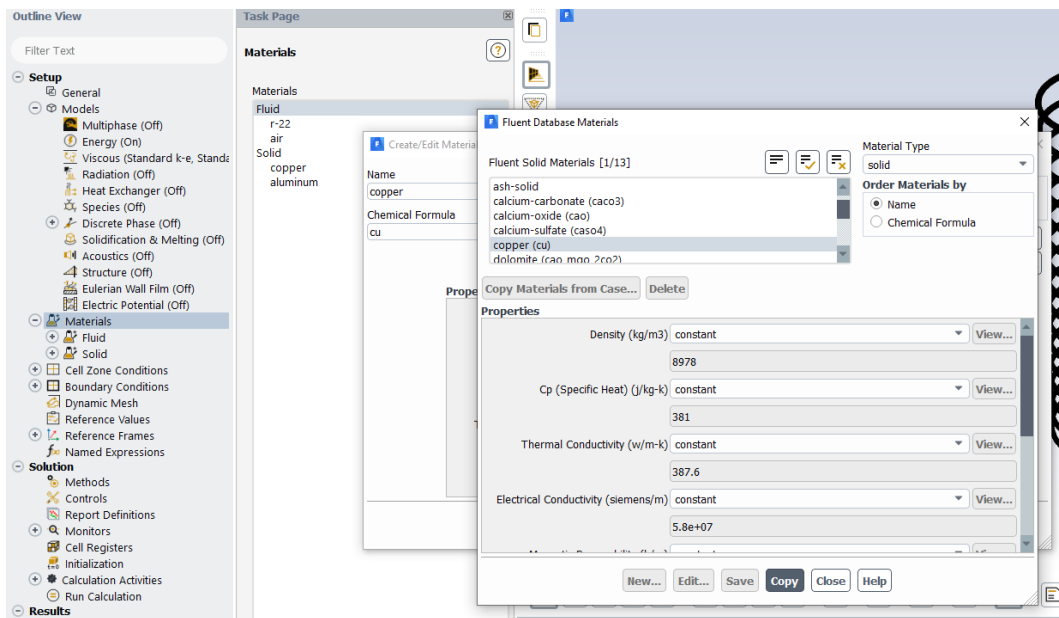
Gambar 3.22 Menentukan Model Persamaan energi dan jenis aliran pada simulasi

### 3.4 Menentukan material fluida dan pipa

Untuk Menentukan material fluida dan pipa maka pilih Material – Pilih Fluid ( pemelihan fluid aritinya untuk melihat data base dari CFD yang sesuai dengan kondisi simulasi, untuk memilih jenis material Logam (solid) maka pilih Solid dan pilih material yang diinginkan.



Gambar 3.23 Menentukan Material Fluida dan Pipa



Gambar 3.24 Pemilihan Material

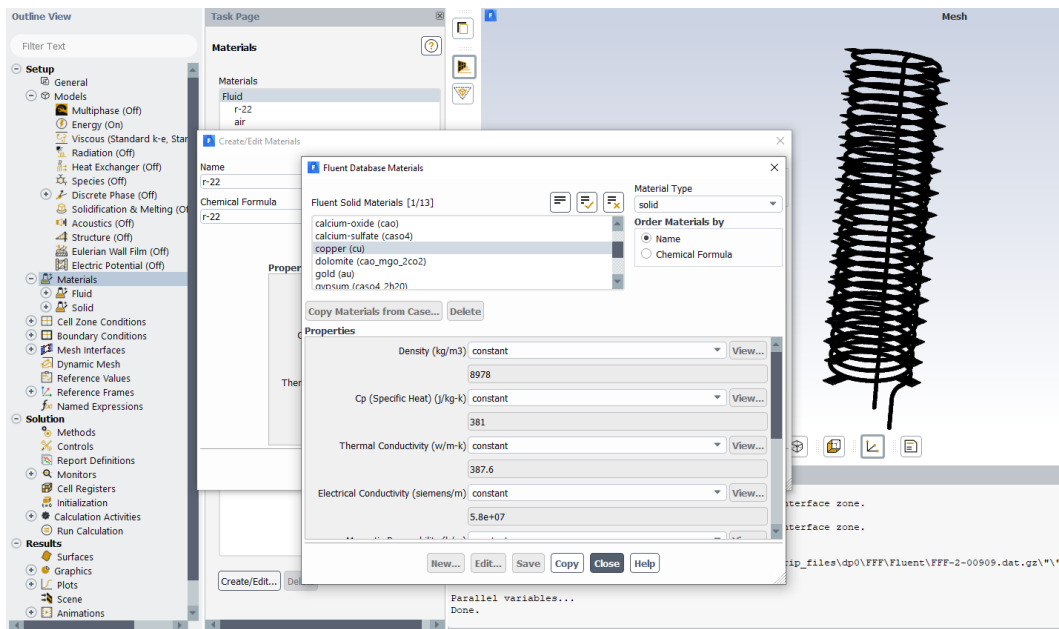
### 3.5 Menentukan Temperatur Aliran

- a. Pilih Boundary Kondisi Batas, hal ini sangat poending karna sebagai parameter input dalam simulasi,
- b. ada 3 parameter input yang diberikan untuk simulasi ini pertama **INLET** (Sumber Aliran Masuk Fluida di APK),

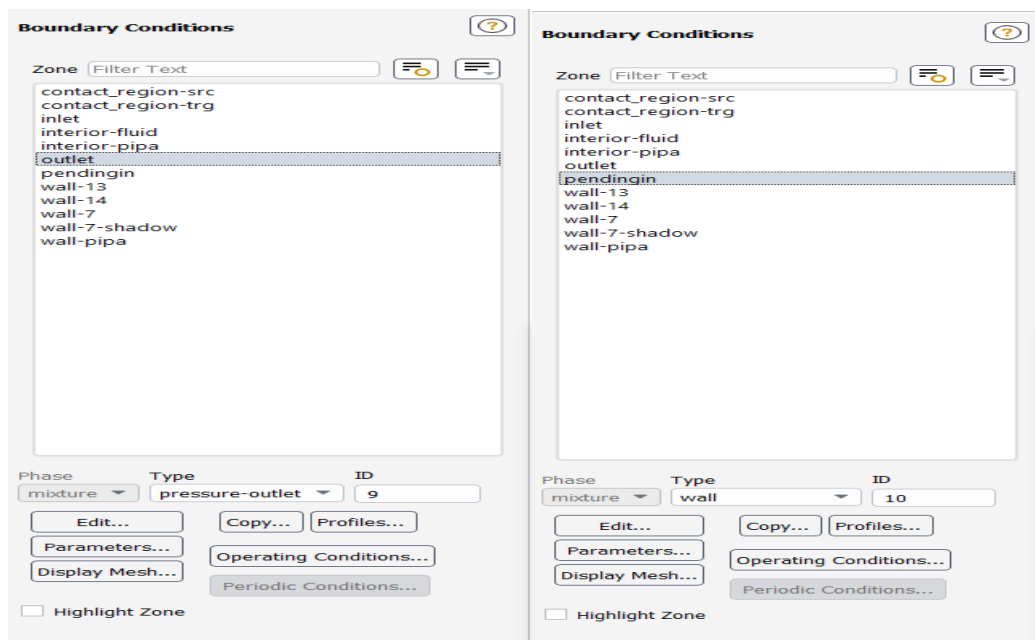
**OUTLET** (arah keluar fluida kerja di APK) dan **PENDINGIN** (kondisi permukaan pipa yang diberi pendinginan).

c. pemilihan type yang sesuai untuk kondisi batas, untuk

- INLET (*Velocity Inlet/Pressure inlet*)
- Outlet (*pressure Outflow*)
- Pendingin (*wall*) dengan nilai temperatur



Gambar 3.25 Menentukan Temperatur Aliran

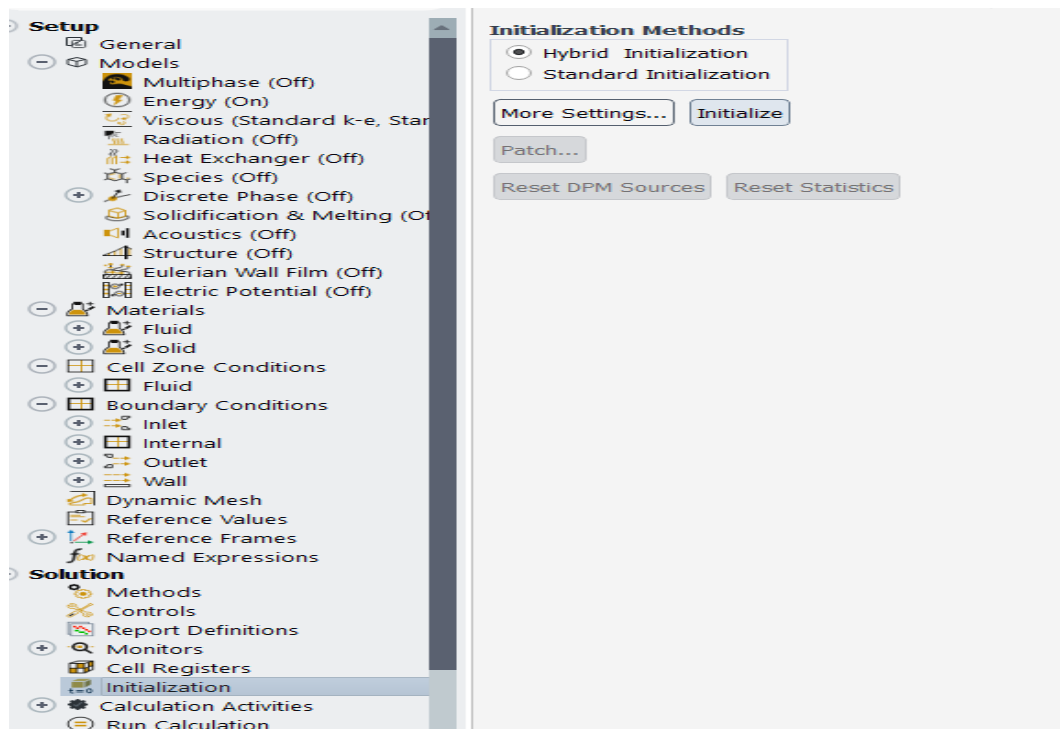


Gambar 3.26 Boundary Condition



Sebelum menjalankan simulasi maka perlu dilihat prediksi awal, hal ini bertujuan untuk melihat apakah langkah-langkah yang telah kita lakukan tidak ada yang mempengaruhi kondisi pada saat simulasi berjalan. Hal ini sangat penting untuk mendapatkan hasil yang baik, caranya adalah sebagai berikut :

Pilih **INITIALIZATION – Hybrid - klik INITIALIZE** tunggu sampai proses selesai, apabila kondisi menunjukkan tidak ada kondisi yang bermasalah/selesai (done), maka proses simulasi bisa dilanjutkan.



Gambar 3.27 Prediksi Awal

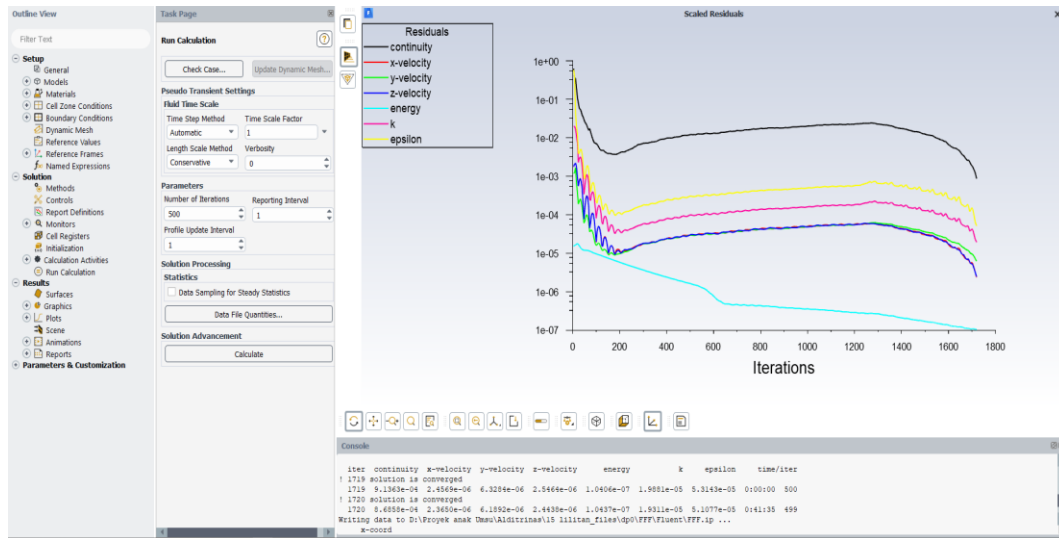
#### 4. Solution

Tahap terakhir setelah mengatur jenis pembebanan dan fix support adalah Solution. *Solution* adalah proses Simulasi yang dilakukan ansys untuk mendapatkan parameter yang diinginkan. Dalam penelitian ini, parameter yang ingin didapatkan adalah perbandingan hitungan antara perhitungan eksperimental dengan perhitungan menggunakan *software Ansys*.

Setelah selesai dari tahap Meshing, selanjutnya adalah tahap proses simulasi dimana tahapan ada beberapa tahapan :

- a. RUN

- b. Tentukan jumlah iterasi
- c. Calculate
- d. Grafik simulasi terlihat



Gambar 3.28 Proses Simulasi

## 5. Pre procesing

Untuk kasus 15 lilitan, jumlah iterasi yang dilakukan ada 1700 iterasi sehingga kondisi yang diinginkan tercapat yaitu *converged*, kondisi ini menunjukkan hasil yang tidak akan berubah kembali. Setiap 1 proses iterasi memakan waktu sekitar 2 menit, sehingga waktu yang digunakan untuk menyelesaikan 1 proses simulasi adalah sekitar 65 jam kerja simulasi.

### 3.5.2 Tahapan Proses Simulasi Shell Helical Coil Bersirip lilitan 30

#### 1. Membangun Giometri

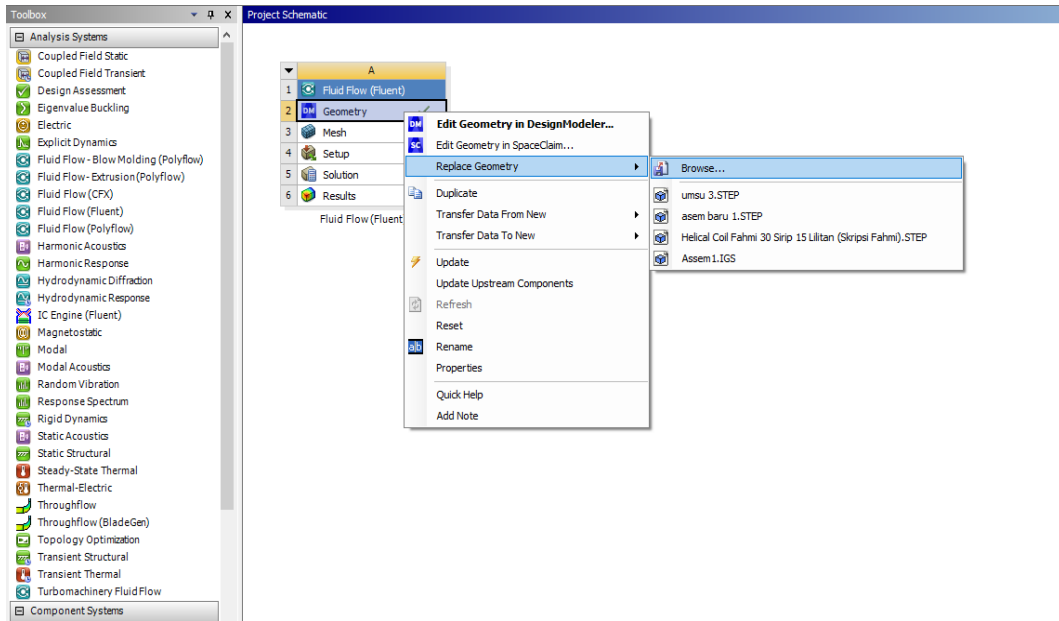
Membangun giometri di solidwork desain helical coil bersirip 15 lilitan dengan jumlah sirip 3, Setelah giometri dibangun di solidwork, maka file disimpan dalam bentuk IGES.



Gambar 3.29 Desain Sheel Helical Coil Bersirip 30 lilitan

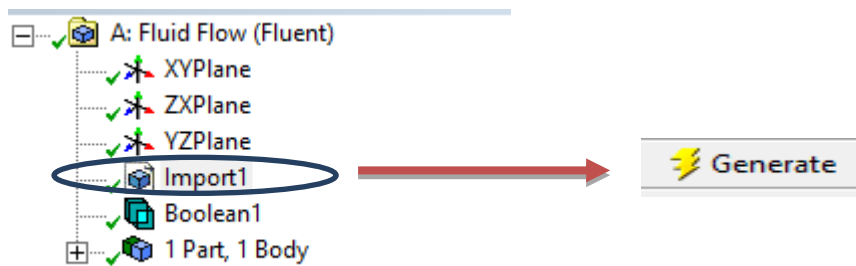
#### 2. Import data ke Ansys CFD

Setelah di file disimpan dalam bentuk IGES, selanjut nya di import ke Ansys CFD, Setelah data diimport, maka tekan Generate untuk menginput data import ke dalam Ansys.

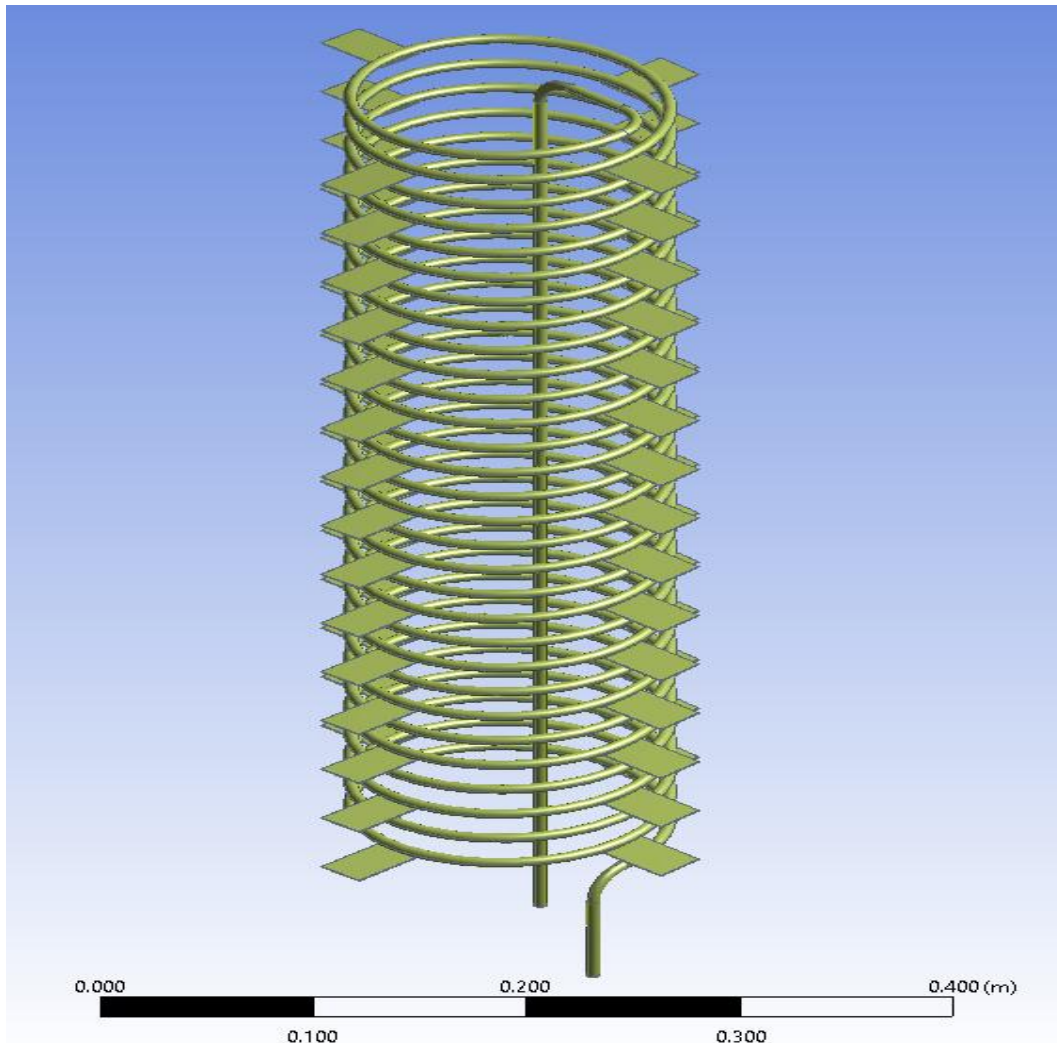


Gambar 3.30 Proses Input Data Ke ANSYS

Setelah Data Di Import Maka Tekan Generate , Untuk Menginput Data Import Kedalam Ansys



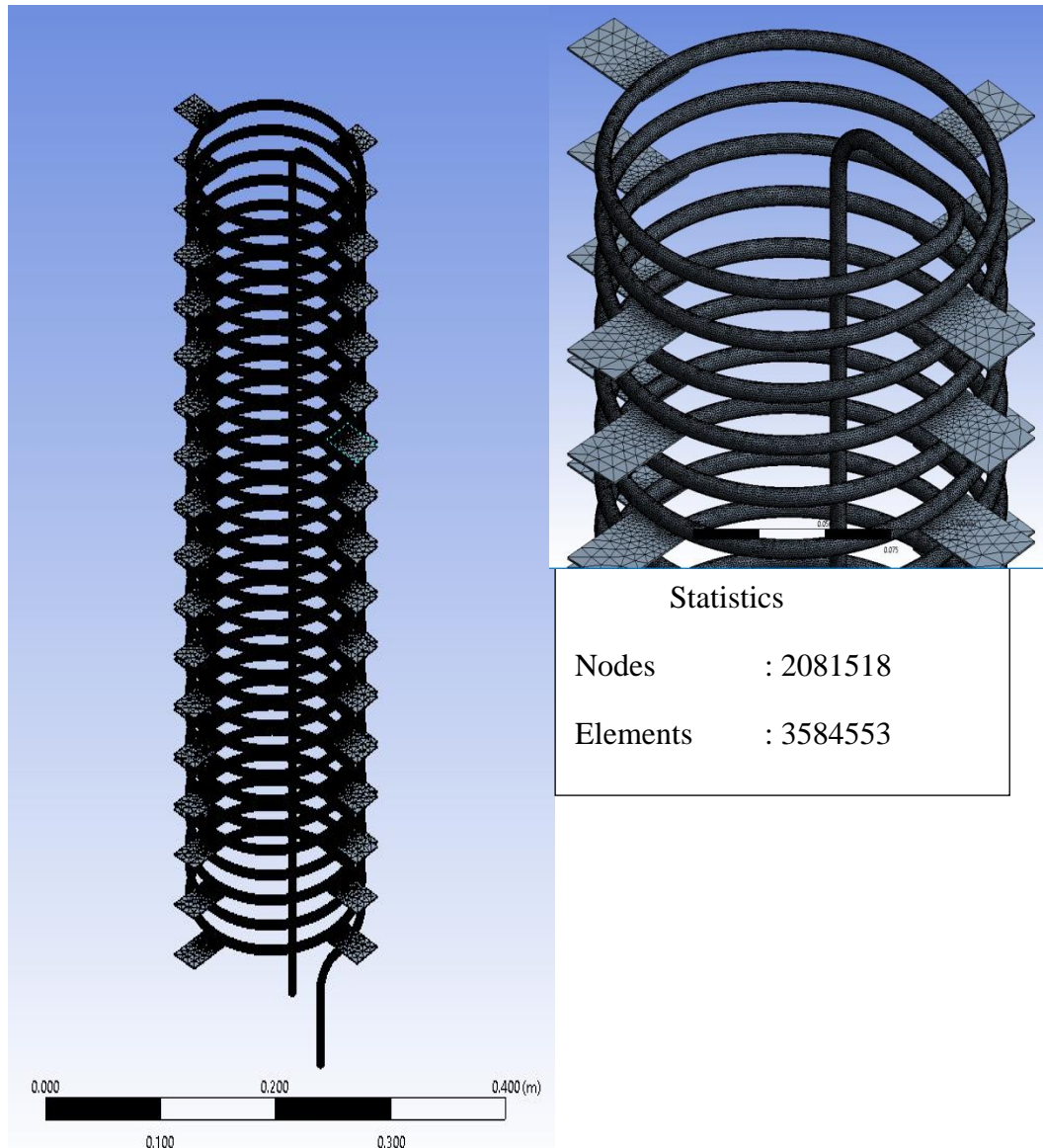
Gambar 3.31 Proses Import desain Ke generate



Gambar 3.32 Gambar Desain Setelah Di Import dan akan Di mesh

### 3. *Mesh*

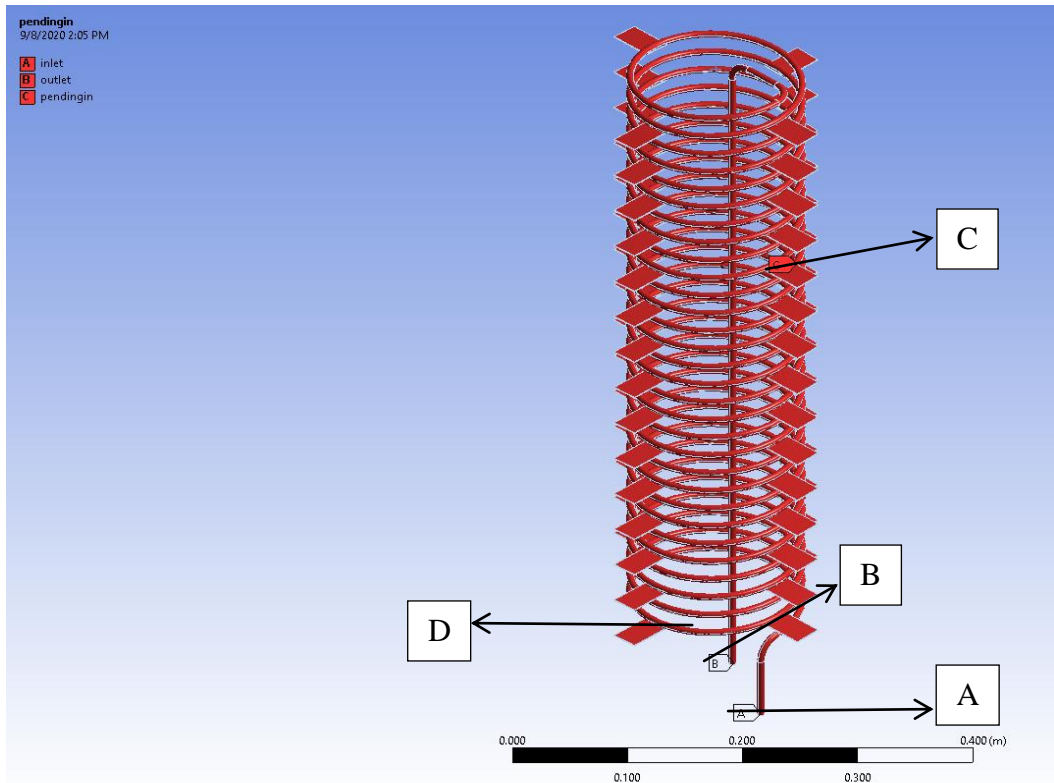
Pembuatan *mesh* atau yg lebih dikenal dengan istilah *meshing*, merupakan salah satu langkah dalam proses sebuah simulasi. untuk simulasi CFD yg umumnya menggunakan *Finite Volume Method* (FVM). Mesh ini sendiri berguna untuk membagi geometry dari model menjadi banyak elemen yg nantinya digunakan oleh solver untuk membangun volume kontrol. Node dan elements berhubungan dengan jumlah mesh yang terbentuk (FVM). *Nodes dan Element* ini yang akan dianalisis untuk mendapatkan hasil simulasi. Model mesh yang digunakan adalah *Hexahedron*



Gambar 3.33 Desain Setelah di Mesh

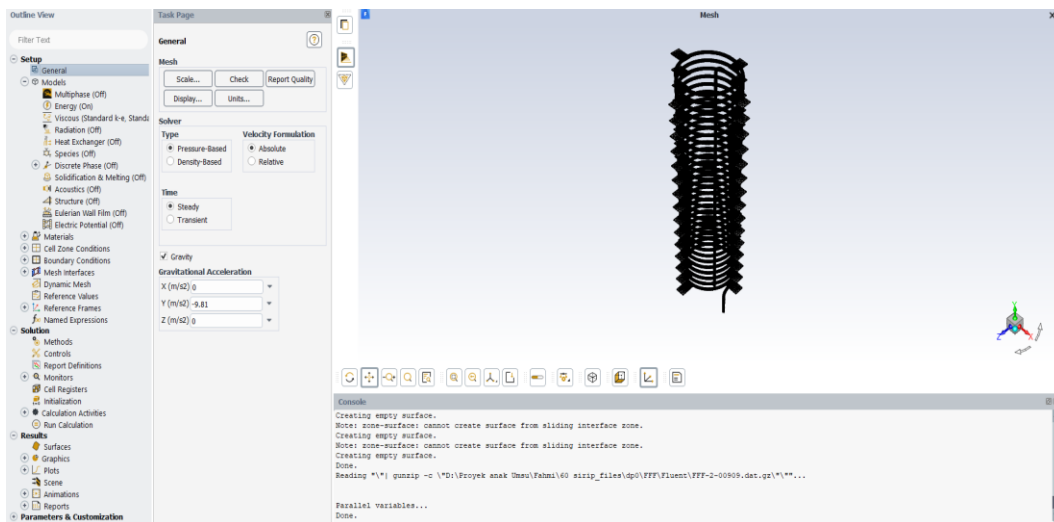
### 3.1 Menentukan Kondisi-kondisi Batas Simulasi

- a. Inlet ( Aliran refrigeran masuk APK ).
- b. Outlet (aliran Refrigeran Keluar APK ).
- c. Kondisi Batas Pendingin (air pendingin sesuai dengan hasil eksperimen) diasumsikan permukaan pipa bagian luar bersinggungan dengan air pendingin.
- d. Jalur aliran fluida (*refrigeran*) sepanjang pipa.



Gambar 3.34 Menentukan Kondisi-kondisi Batas Simulasi

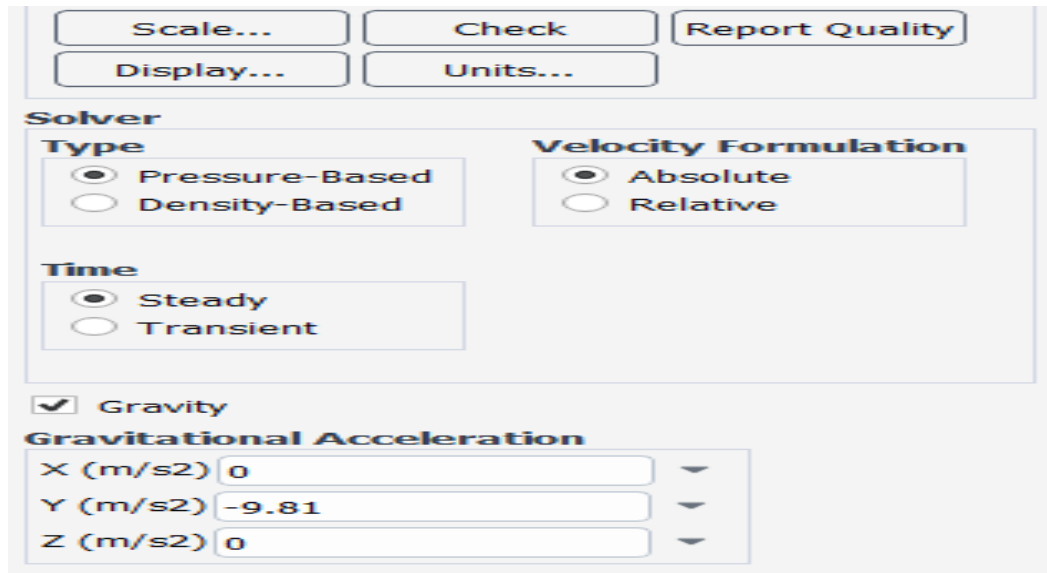
### 3.2 Setup



Gambar 3.35 Tahapan Setup

Steady kondisi sewaktu sifat-sifat suatu sistem tak berubah dengan berjalannya waktu atau dengan kata lain, konstan. Ini berakibat untuk setiap properti  $p$  dari sistem, turunan parsial terhadap waktu adalah nol.

Nilai Gravitasi di bumi adalah 9.81, pemberian tanda minus berarti arah dari gravitasi yang berlawanan dengan sumbu Y.



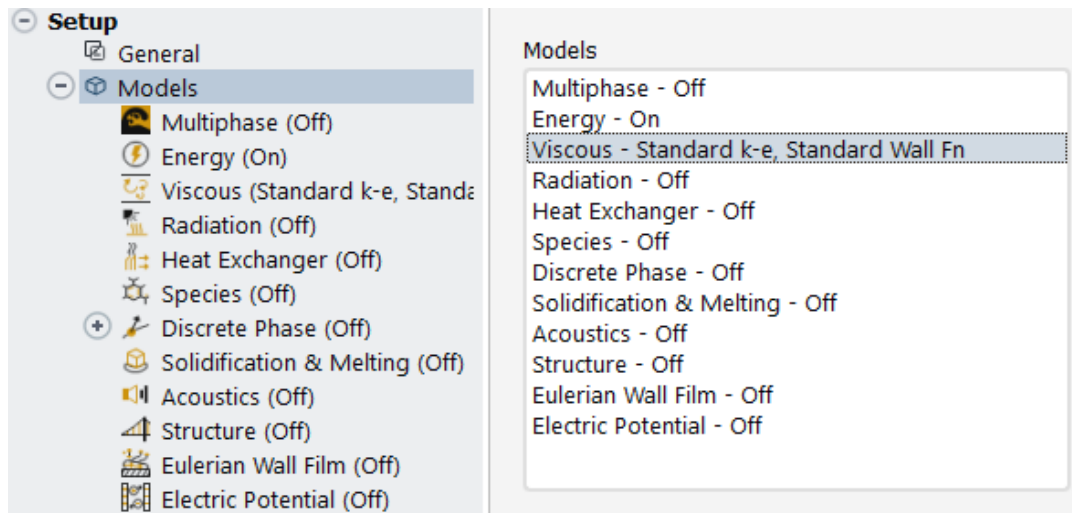
Gambar 3.36 menentukan steady dan gravitasi bumi

Mentukan Model Persamaan energi dan jenis aliran pada simulasi

- a. Klik **Model**
- b. Pilih Energi – Pilih ON ( dengan mengaktifkan energi, maka simulasi akan memperhitungkan proses dengan perubahan energi
- c. Viscous – pilih Standar k-e, maka disimulasi akan diasumsikan lairan adalah Turbulen, hal ini karena aliran mempunyai bilangan reynold yang lebih dari  $1106 < 2300$ .



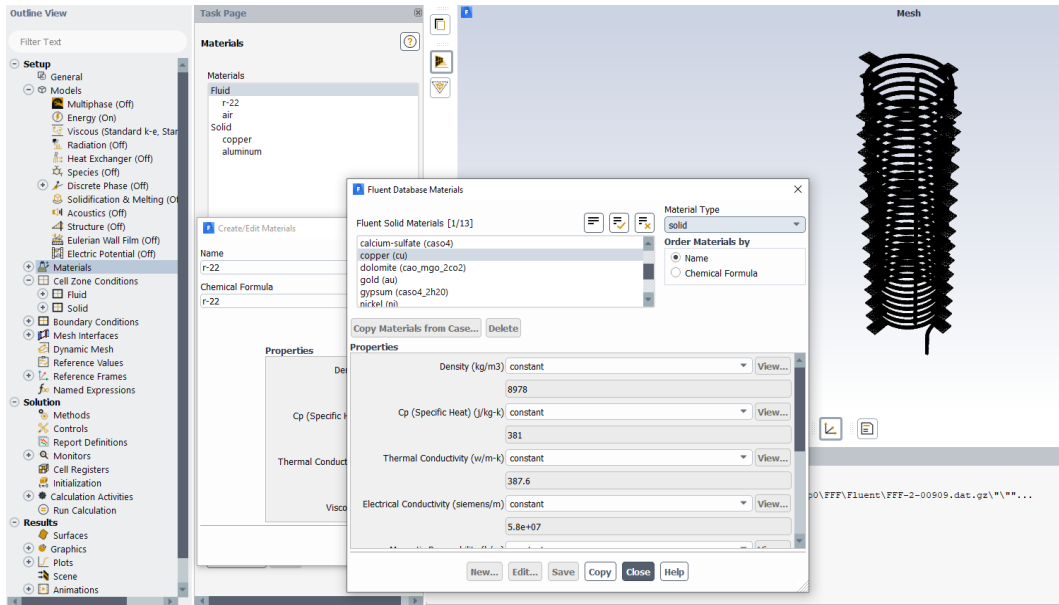
## 7. Menentukan material fluida dan pipa



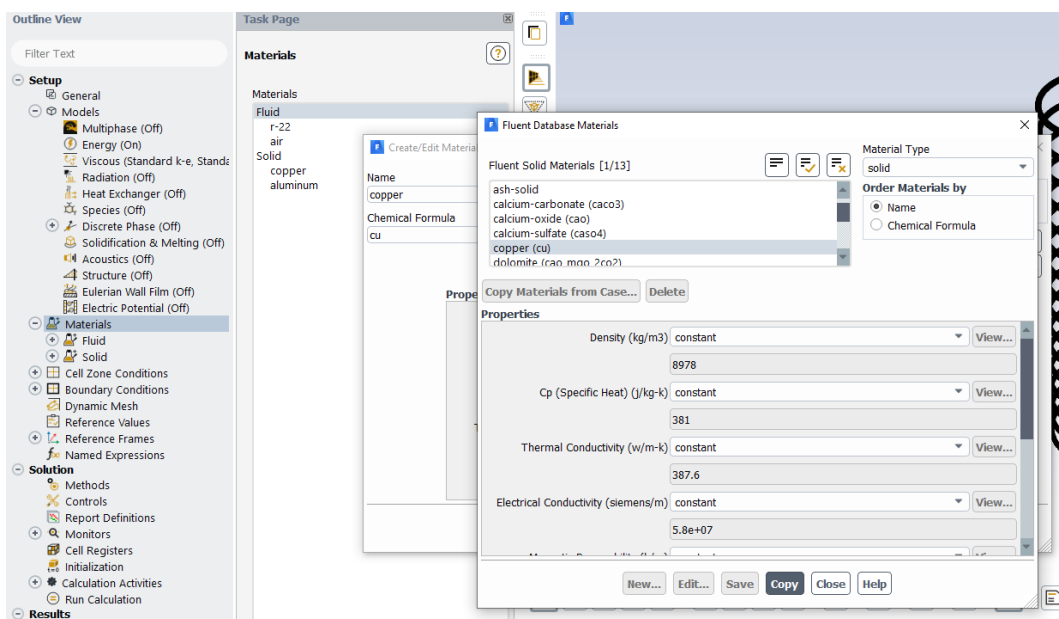
Gambar 3.37 Menentukan Model Persamaan energi dan jenis aliran pada simulasi

## 3.4 Menentukan material fluida dan pipa

Untuk Menentukan material fluida dan pipa maka pilih Material – Pilih Fluid ( pemelihan fluid aritinya untuk melihat data base dari CFD yang sesuai dengan kondisi simulasi, untuk memilih jenis material Logam (solid) maka pilih Solid dan pilih material yang diinginkan.



Gambar 3.38 Menentukan Material Fluida dan Pipa

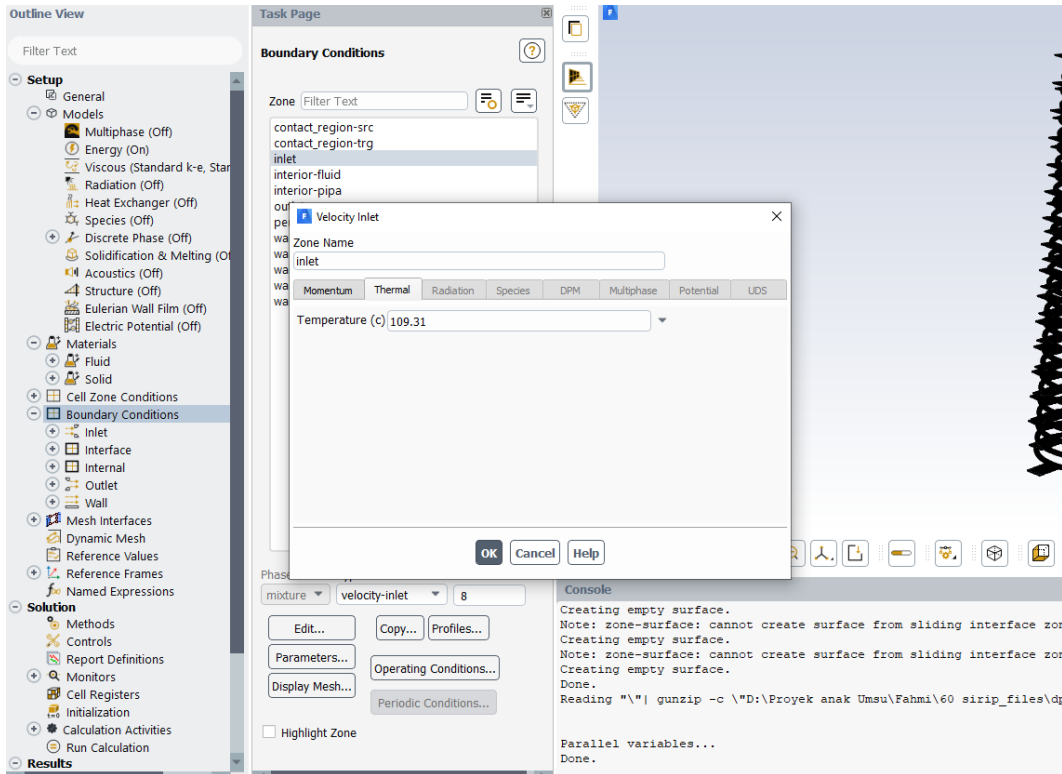


Gambar 3.39 Pemilihan Material

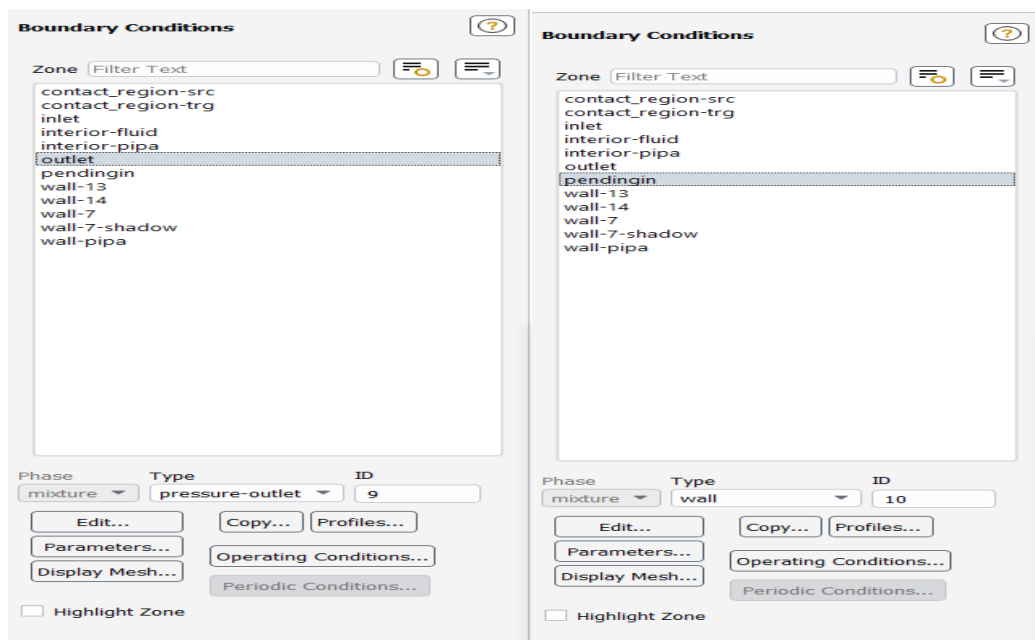
### 3.5 Menentukan Temperatur Aliran

- d. Pilih Boundary Kondisi Batas, hal ini sangat poending karna sebagai parameter input dalam simulasi,
- e. ada 3 parameter input yang diberikan untuk simulasi ini pertama **INLET** (Sumber Aliran Masuk Fluida di APK), **OUTLET** (arah keluar fluida kerja di APK) dan **PENDINGIN** (kondisi permukaan pipa yang diberi pendinginan).

- f. pemilihan type yang sesuai untuk kondisi batas, untuk
- INLET (*Velocity Inlet/Pressure inlet*)
  - Outlet (*pressure Outflow*)
  - Pendingin (*wall*) dengan nilai temperatur



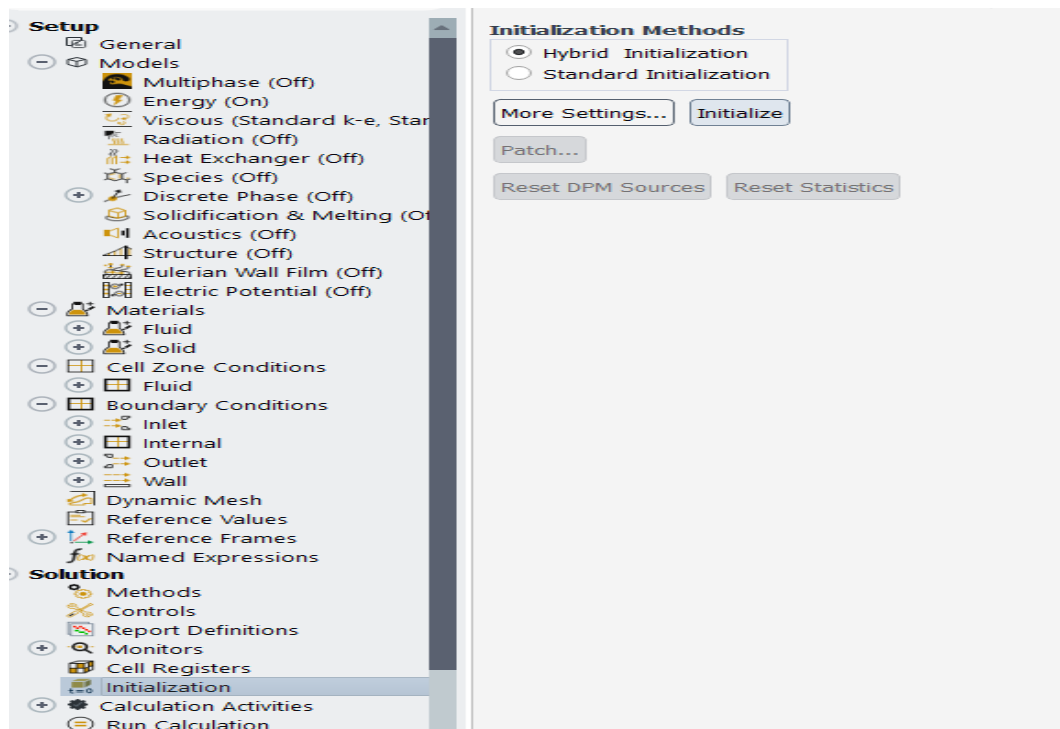
Gambar 3.40 Menentukan Temperatur Aliran



Gambar 3.41 Boundary Condition

Sebelum menjalankan simulasi maka perlu dilihat prediksi awal, hal ini bertujuan untuk melihat apakah langkah-langkah yang telah kita lakukan tidak ada yang mempengaruhi kondisi pada saat simulasi berjalan. Hal ini sangat penting untuk mendapatkan hasil yang baik, caranya adalah sebagai berikut :

Pilih **INITIALIZATION – Hybrid** - klik **INITIALIZE** tunggu sampai proses selesai, apabila kondisi menunjukkan tidak ada kondisi yang bermasalah/selesai (done), maka proses simulasi bisa dilanjutkan.



Gambar 3.42 Prediksi Awal

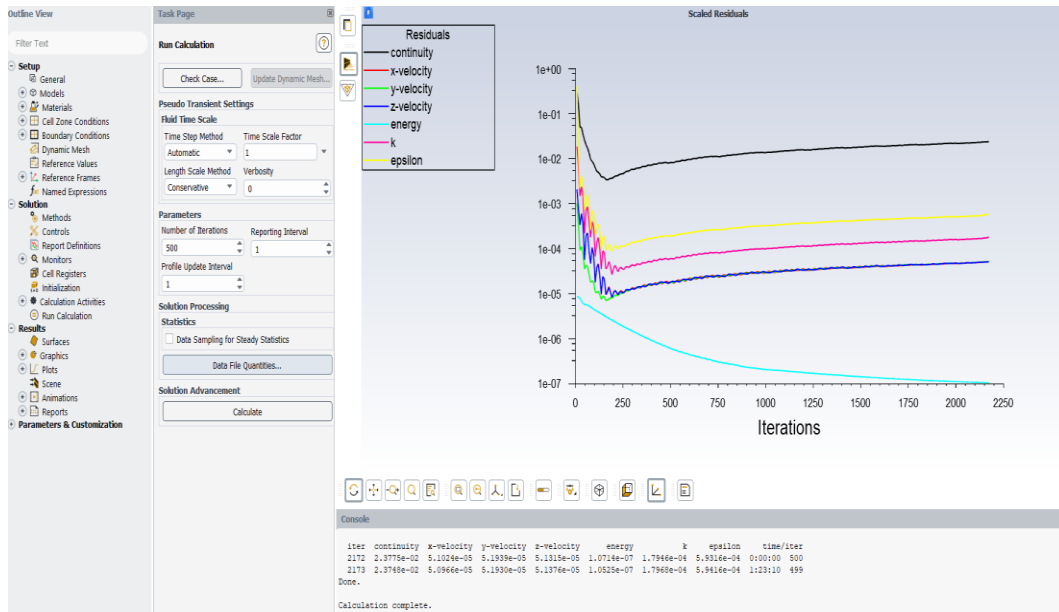
#### 4. Solution

Tahap terakhir setelah mengatur jenis pembebanan dan fix support adalah Solution. *Solution* adalah proses Simulasi yang dilakukan ansys untuk mendapatkan parameter yang diinginkan. Dalam penelitian ini, parameter yang ingin didapatkan adalah perbandingan hitungan antara perhitungan eksperimental dengan perhitungan menggunakan *software Ansys*.

Setelah selesai dari tahap Meshing, selanjutnya adalah tahap proses simulasi dimana tahapan ada beberapa tahapan :

- a. RUN

- b. Tentukan jumlah iterasi
- c. Calculate
- d. Grafik simulasi terlihat



Gambar 3.43 Proses Simulasi

### 5. Pre procesing

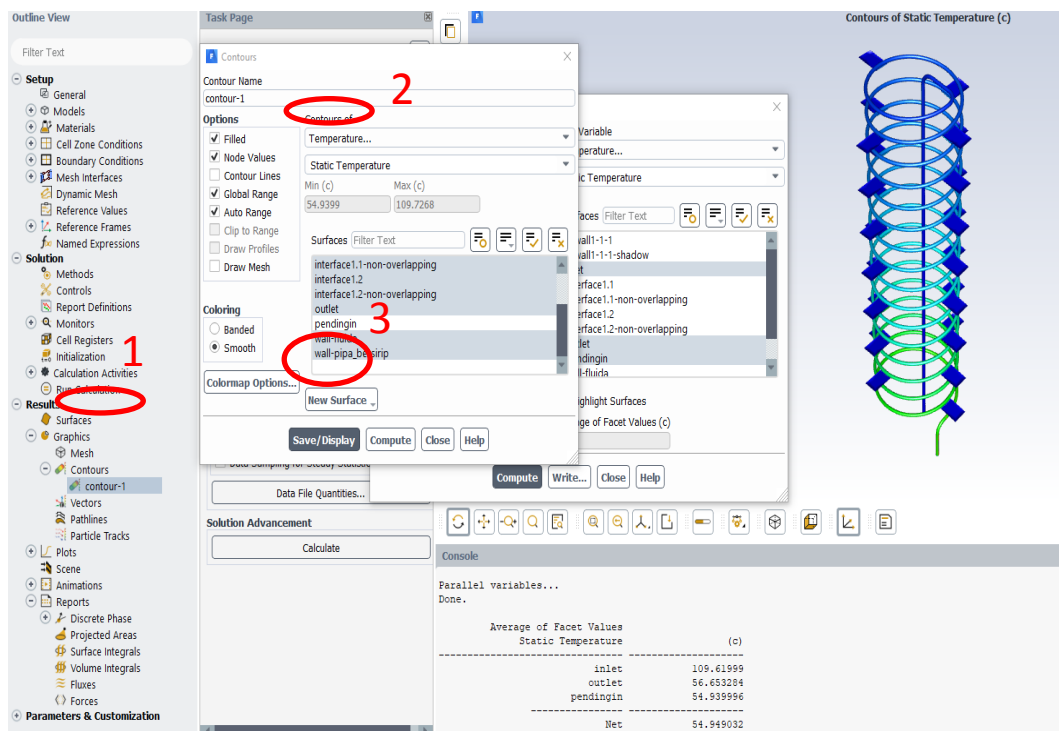
Untuk kasus 30 lilitan, jumlah iterasi yang dilakukan ada 2000 iterasi sehingga kondisi yang diinginkan tercapat yaitu **converged**, kondisi ini menunjukkan hasil yang tidak akan berubah kembali. Setiap 1 proses iterasi memakan waktu sekitar 2 menit, sehingga waktu yang digunakan untuk menyelesaikan 1 proses simulasi adalah sekitar 65 jam kerja simulasi.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip

#### 4.1.1 Hasil Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip 15 Lilitan

1. Untuk mendapatkan hasil dari simulasi maka pilih countur (countur untuk memperlihatkan countur dari parameter yang diamati).
2. Pilih parameter yang diamati, seperti temperatur.
3. Pilih display untuk memperlihatkan hasil dari countur temperatur.

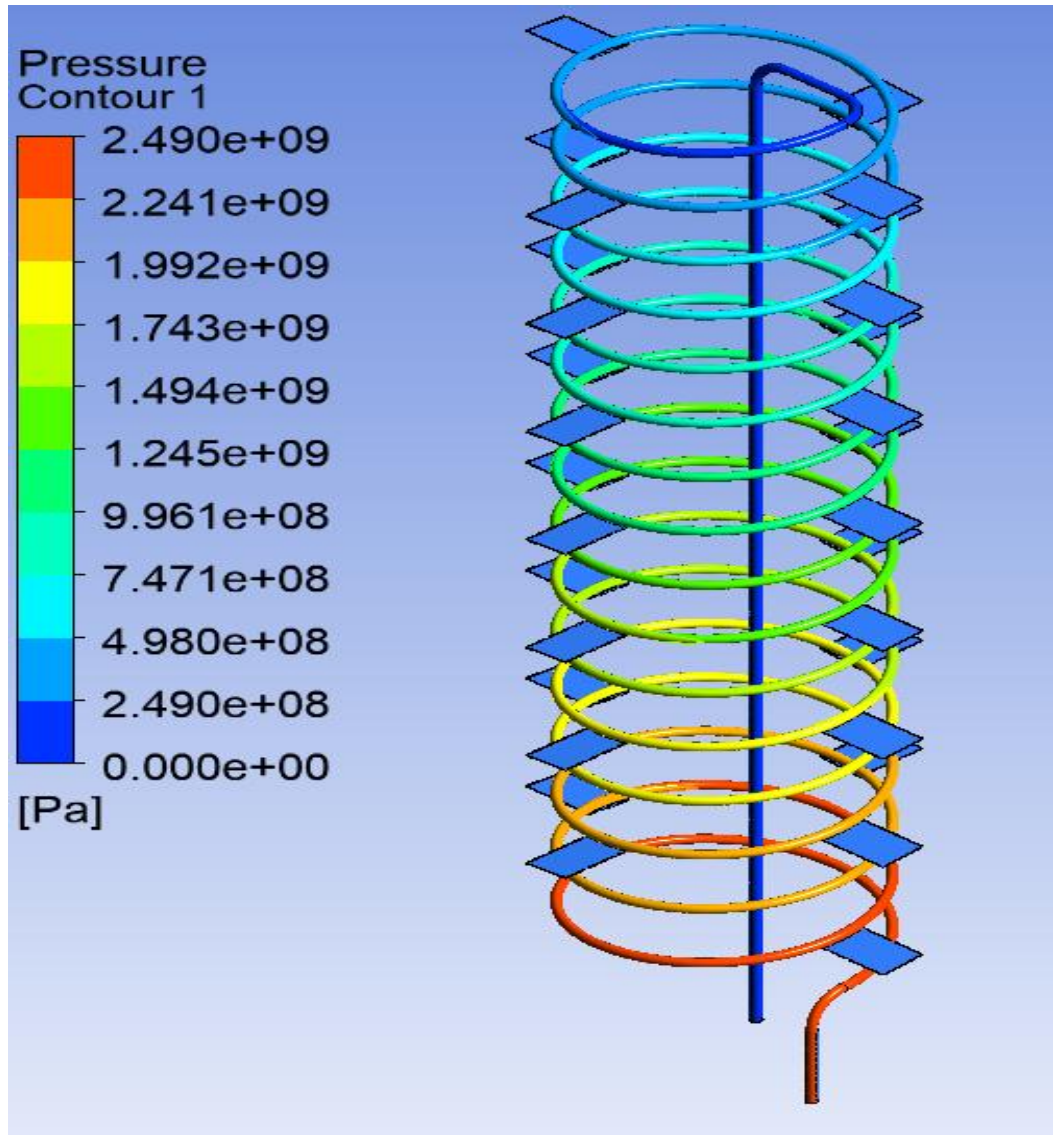


Gambar 4.1 Hasil Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip 15 Lilitan.

#### 4.1.1.1 Hasil Kontour Tekanan

- Dari hasil simulasi menunjukkan kontur tekanan yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan Tekanan yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan Tekanan semakin tinggi, sebaliknya semkin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan Tekanan

- Hal ini disebabkan adanya proses penurunan tekanan akibat belokan belokan pipa dan adanya efek gravitasi

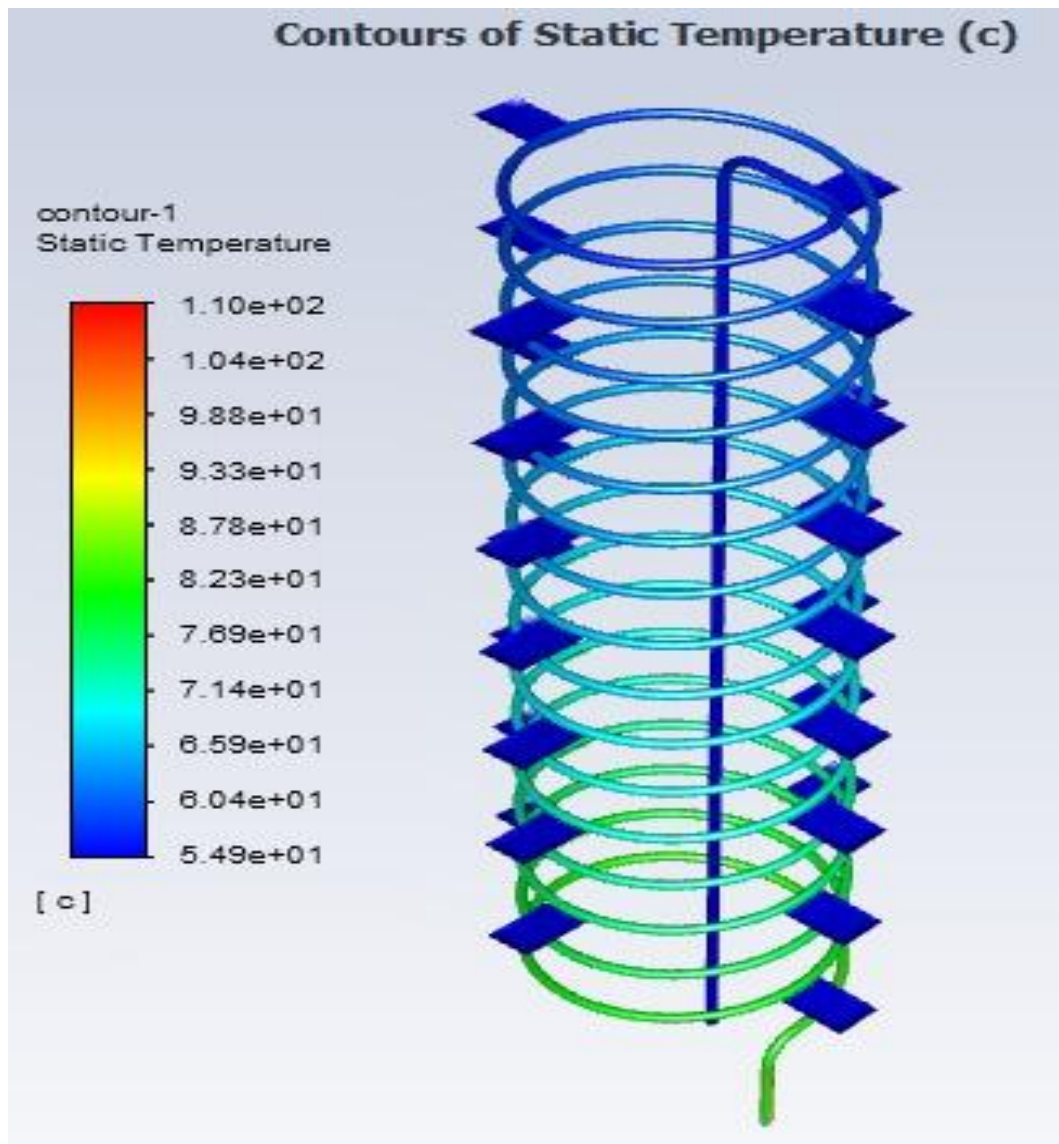


Gambar 4.2 Hasil Kontour Tekanan

#### 4.1.1.2 Hasil Parameter static Contour

1. Dari hasil simulasi menunjukkan kontur yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan temperatur yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan temperatur semakin tinggi, sebaliknya semakin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan temperatur

2. Dari hasil simulasi menunjukkan temperatur masuk APK semakin turun akibat efek pendinginan dari Air



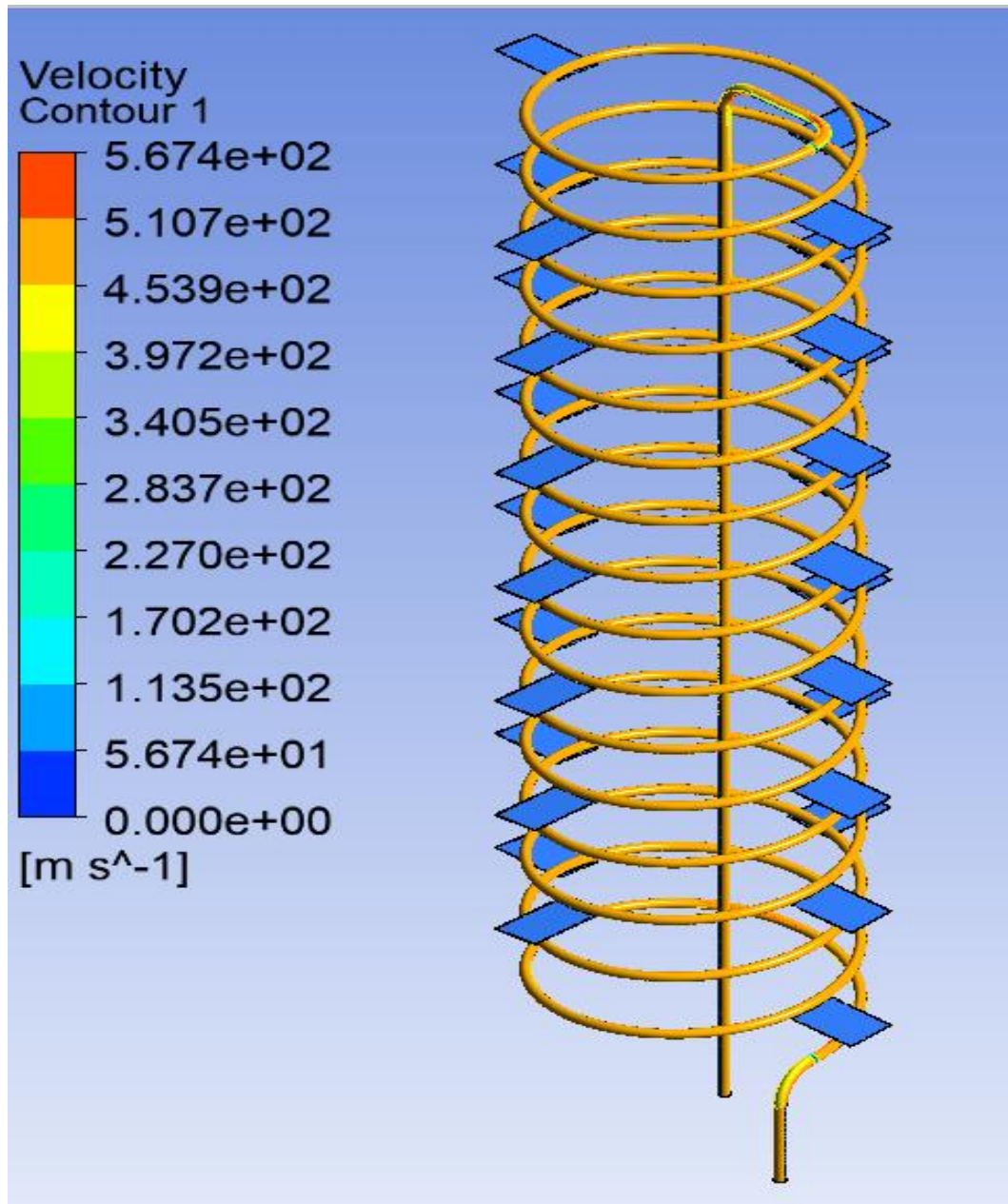
Gambar 4.3 Hasil Contour Static Temperatur

#### 4.1.1.3 Hasil Kontur Kecepatan

1. Dari hasil simulasi menunjukkan kontur kecepatan yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan Kecepatan yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan kecepatan semakin tinggi, sebaliknya semakin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan Kecepatan
2. Hal ini menunjukkan kecepatan aliran disepanjang PIPA APK merata disepanjang pipa

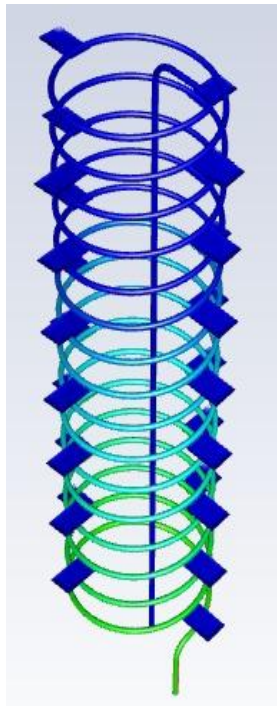


Hanya beberapa titik belokan yang mengalami perubahan

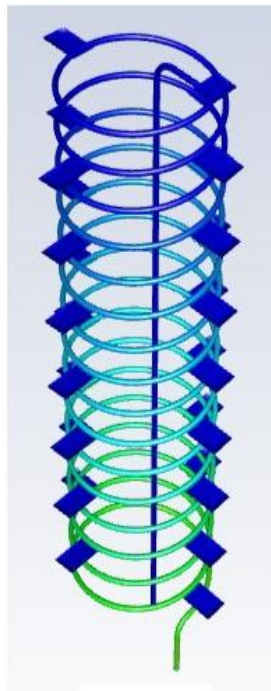


Gambar 4.4 Hasil Kontour kecepatan

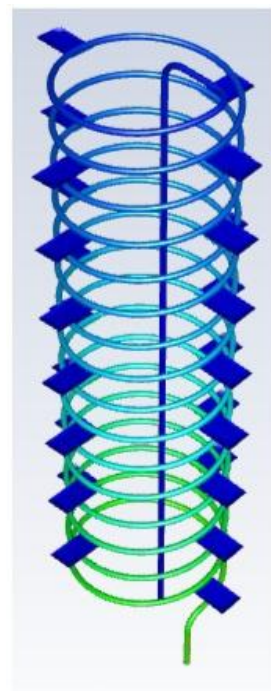
4.1.1.4 Proses Simulasi Shell Helical Coil Bersirip lilitan 15 Yang terekam Dalam Hitungan Per 10 menit.



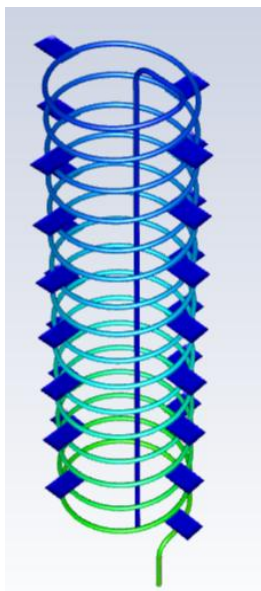
a. 10 menit



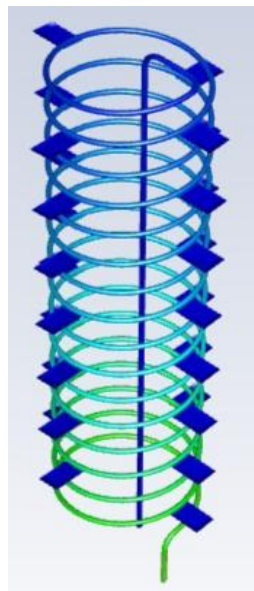
b. 20 menit



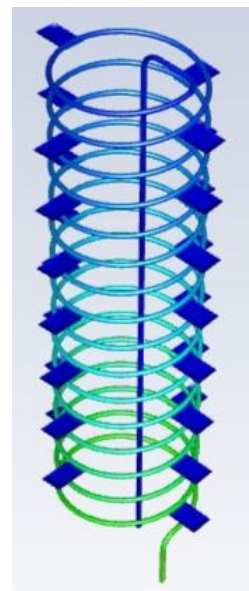
c. 30 menit



d. 40 menit



e. 50 menit



f. 60 menit

Gambar 4.5 Hasil Rekaman proses Simulasi Shell Helical Coil bersirip

Gambar 4.44 Diatas menunjukkan proses aliran fluida panas fluida pada Shell Helical Coil Bersirip 15 lilitan dengan menggunakan software ansys. Proses masuknya aliran fluida panas dimulai \dari pipa yang melengkung lubang inlet (temperatur masuk). Pada waktu 10 menit pertama pipa kapiler mulai berwarna merah pada beberapa lilitan menunjukkan bahwa temperatur tinggi, hingga pada menit ke 60 aliran fluida yang melintasi pipa kapiler menunjukkan temperatur semakin tinggi dan setelah itu mulai berwarna biru pada keluaran fluida (outlet)menunjukkan bahwa pipa kapiler mengalami penurunan temperatur akibat efek pendinginan dari air, dan penggunaan sirip pada pipa kapiler membuat pendinginan lebih optimal.

(keterangan warna : Merah = Temperatur tinggi, biru = penurunan temperatur yang diakibatkan oleh efek pendinginan dari air)

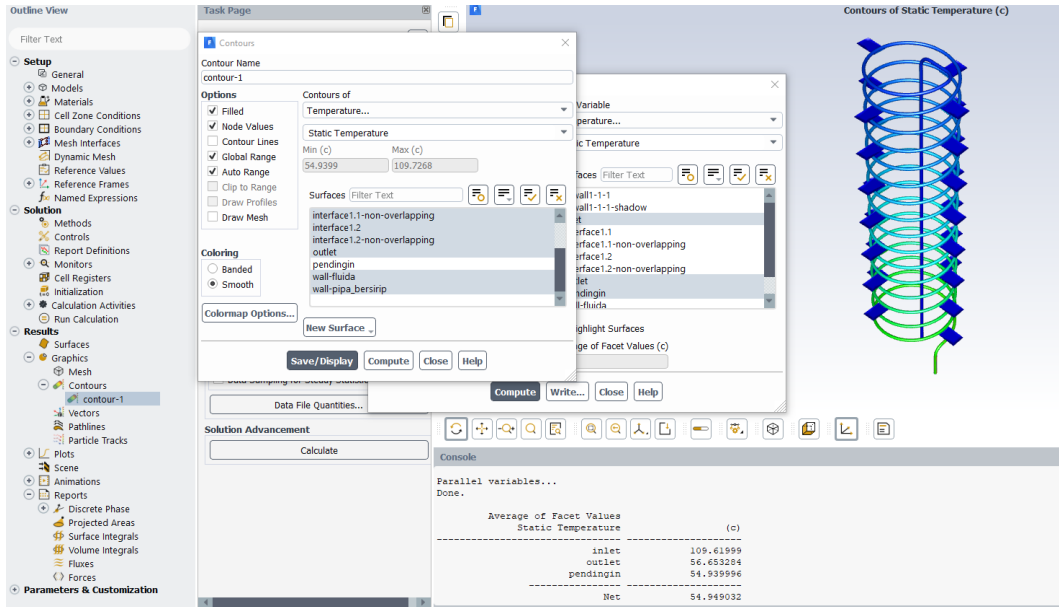
#### 4.1.1.5 Data perbandingan uji eskperimental dengan uji simulasi Shell helical Coil bersirip lilitan 15

Tabel 4.1 Data perbandingan Uji eksperimen dengan uji simulasi

Kondisi Batas (APK)	Temperatur (°C)	
	Ekperimen (Dana S 2019)	CFD
Temperatur Masuk	109.62	109.619
Temperatur Keluar	55.38	56.65
Temperatur Air Pendingin	54.94	54.939

Dari hasil perbandingan menunjukkan perbedaan sekitar 1.27<sup>0</sup> C lebih tinggi hasil CFD atau sekitar 2.27% eror hasil perbandingan simulasi dan ekperimen.

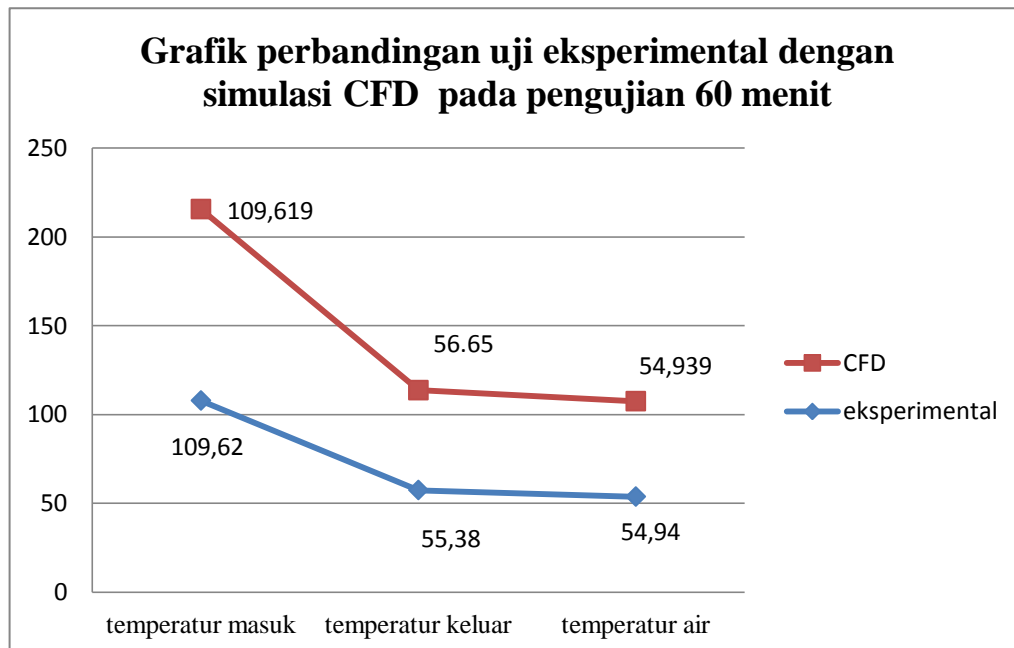
$$\begin{aligned} \text{Persen eror} &= \frac{55.38 - 56.65}{55.38} \times 100 \\ &= 2.27 \% \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Hasil Data Uji Simulasi

#### 4.1.1.6 Grafik perbandingan uji eksperimental dengan uji simulasi CFD

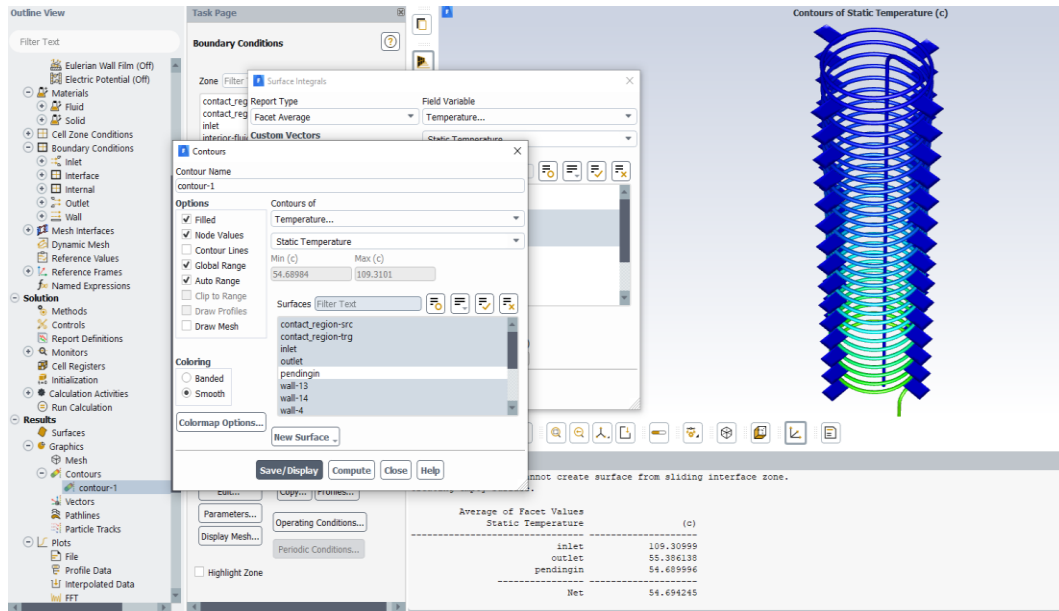
Perbandingan ujia eksperimental dengan uji simulasi CFD terlihat digambar di bawah ini,



Gambar 4.7 Grafik perbandingan Uji eksperimen dengan uji simulai

#### 4.1.2 Hasil Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip 30 Lilitan

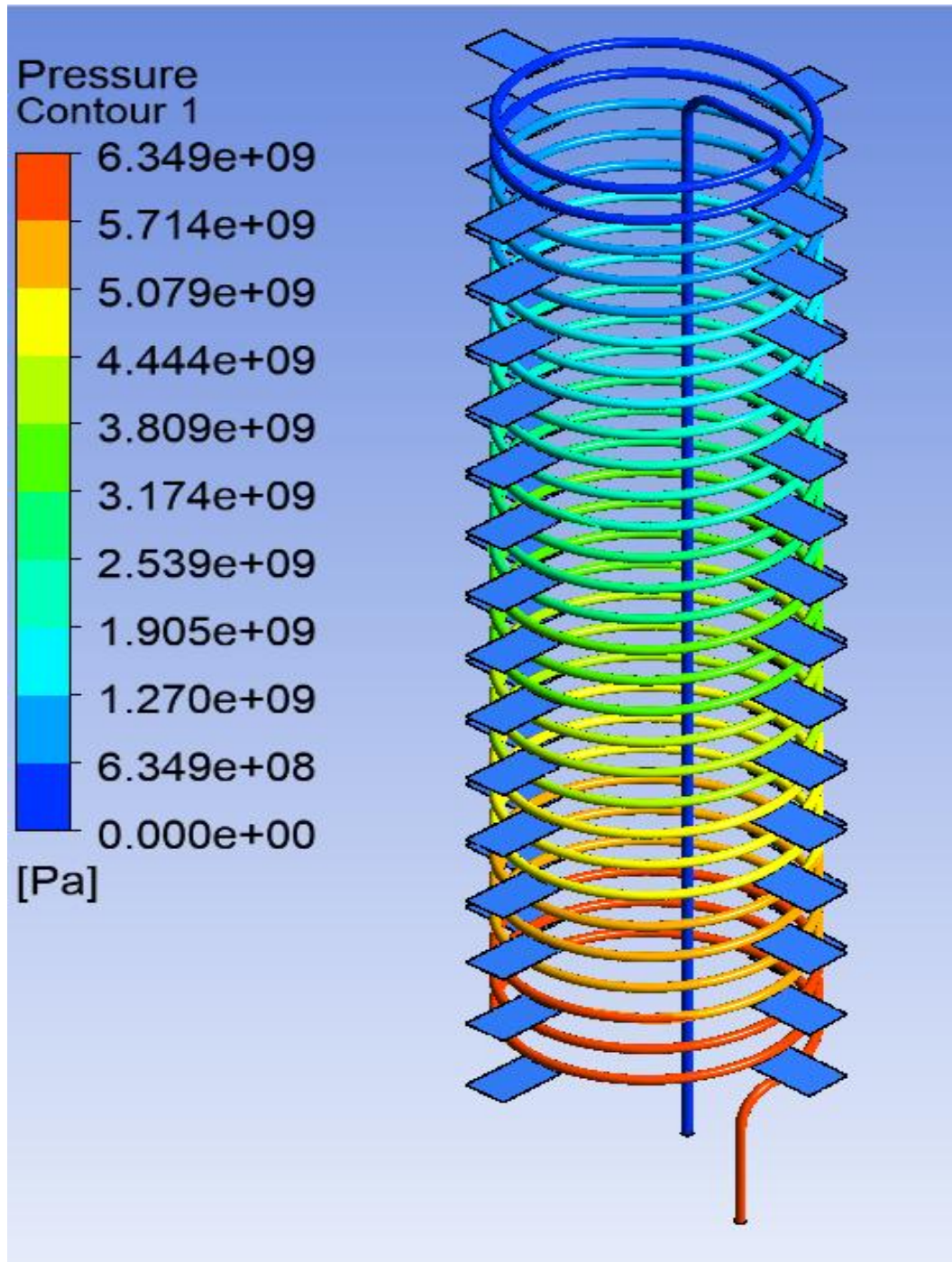
1. Untuk mendapatkan hasil dari simulasi maka pilih Countur (Countur untuk memperlihatkan Kontur dari parameter yang diamati)
2. Pilih parameter yang diamati, seperti Temperatur
3. Pilih Display untuk memperlihatkan hasil dari kontur temperatur



Gambar 4.8 Hasil Simulasi *Shell Helical Coil* Bersirip 30 lilitan

##### 4.1.2.1 Hasil Kontur Tekanan

1. Dari hasil simulasi menunjukkan kontur tekanan yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan Tekanan yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan Tekanan semakin tinggi, sebaliknya semakin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan Tekanan
2. Hal ini disebabkan adanya proses penurunan tekanan akibat belokan belokan pipa dan adanya efek grafitasi .



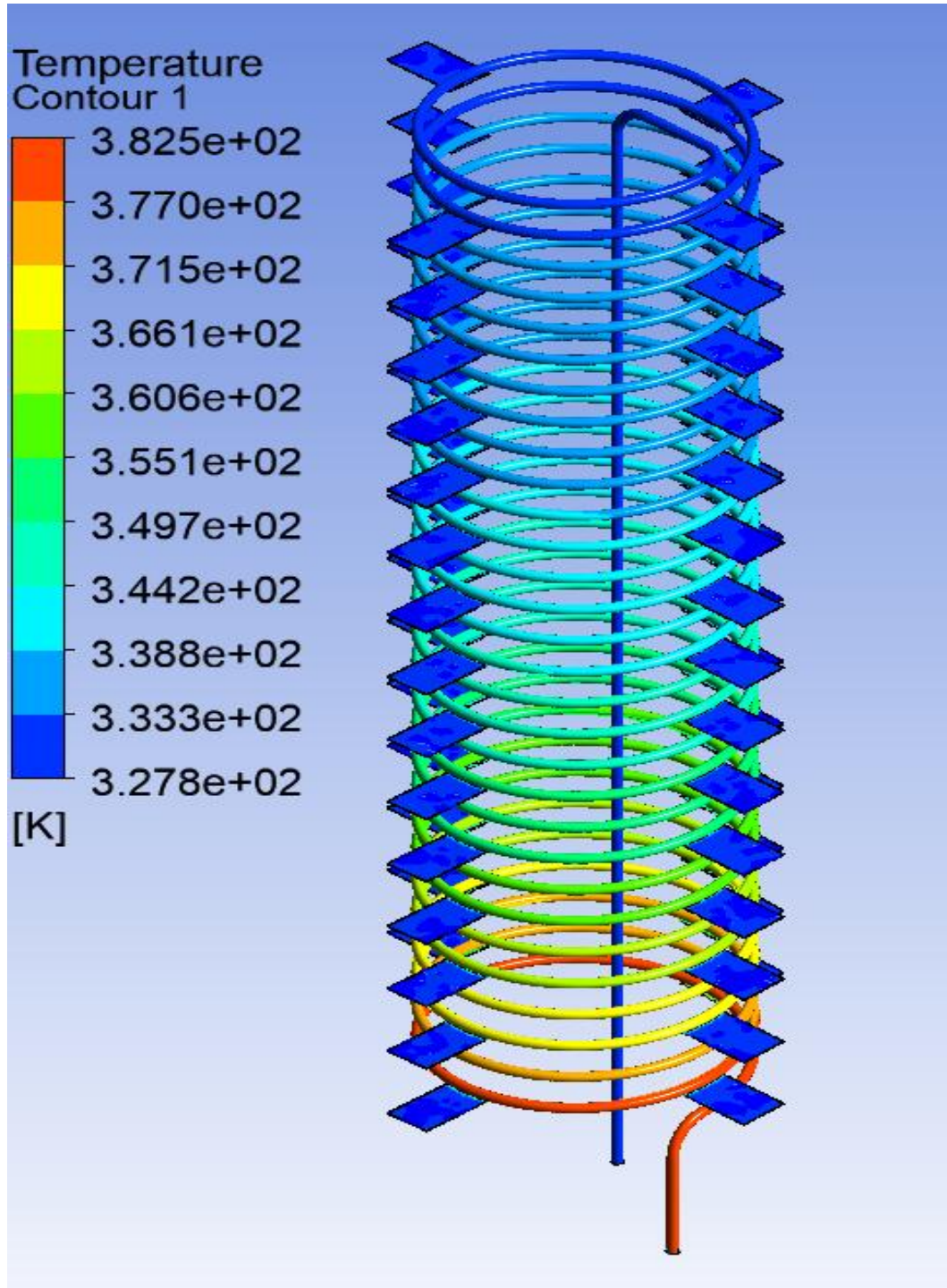
Gambar 4.9 Hasil Kontur Tekanan

#### 4.1.2.2 Hasil Parameter Static Kontur

1. Dari hasil simulasi menunjukkan kontur yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan temperatur yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan temperatur semakin tinggi,

sebaliknya semakin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan temperatur

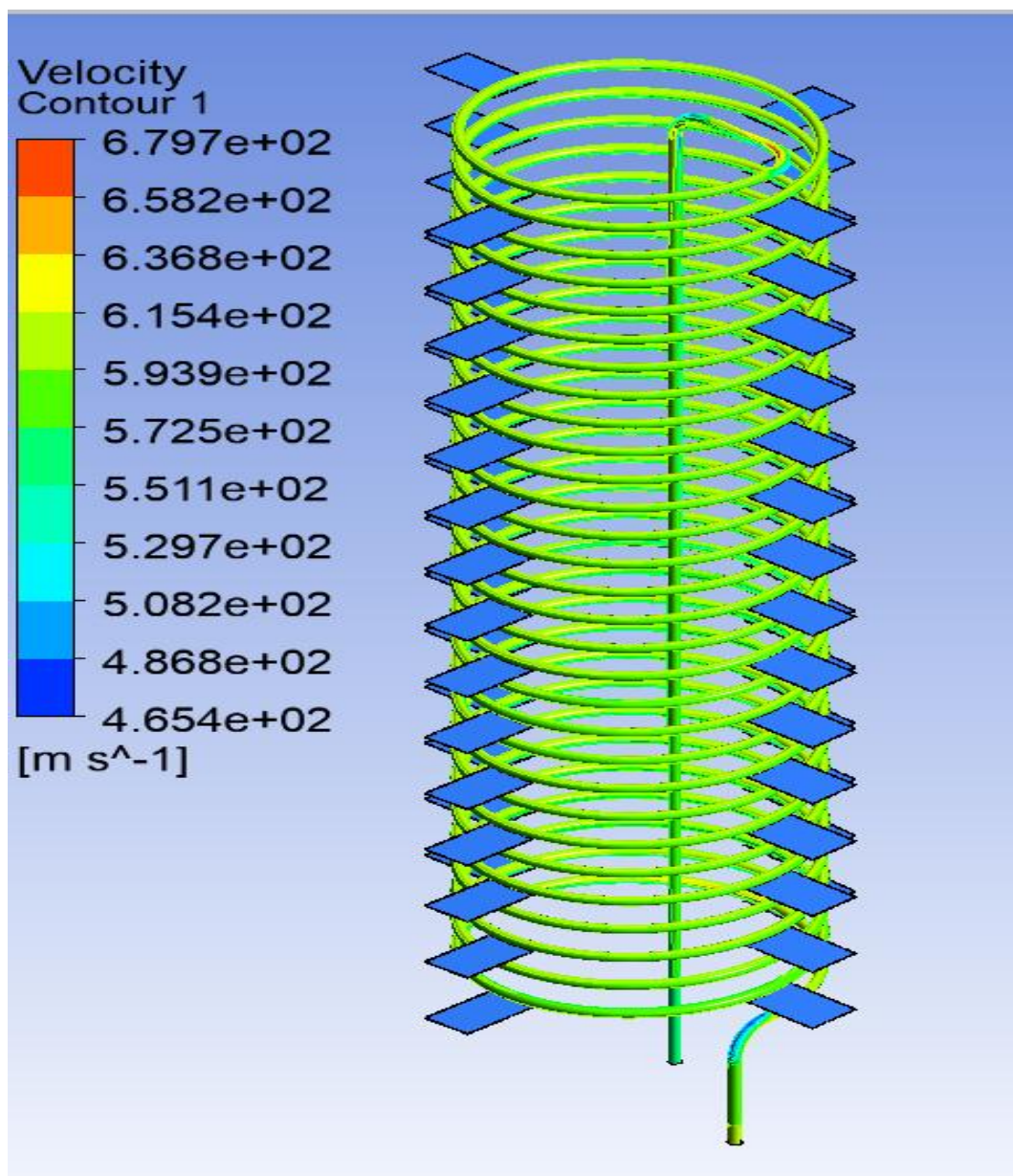
2. Dari hasil simulasi menunjukkan temperatur masuk APK semakin turun akibat efek pendinginan dari Air



Gambar 4.10 Hasil Kontur Static Temperatur

#### 4.1.2.3 Hasil Kontur kecepatan

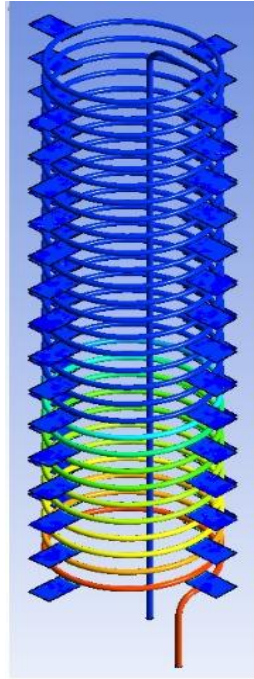
1. Dari hasil simulasi menunjukkan kontur kecepatan yang ada disepanjang APK, warna menunjukkan perubahan Kecepatan yang ada di APK, semakin merah suatu titik, maka menunjukkan kecepatan semakin tinggi, sebaliknya semakin warna semakin biru, maka titik tersebut mengalami penurunan Kecepatan
2. Hal ini menunjukkan kecepatan aliran disepanjang PIPA APK merata disepanjang pipa.



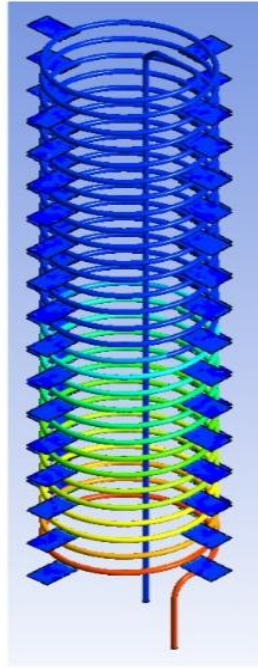
Gambar 4.11 Hasil Kontur Kecepatan



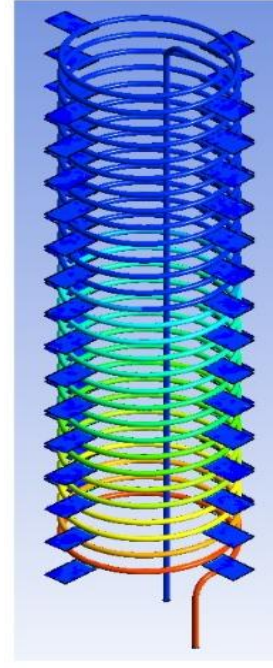
4.1.2.4 Proses Simulasi Shell Helical Coil Bersirip lilitan 30 Yang terekam Dalam Hitungan Per 10 menit.



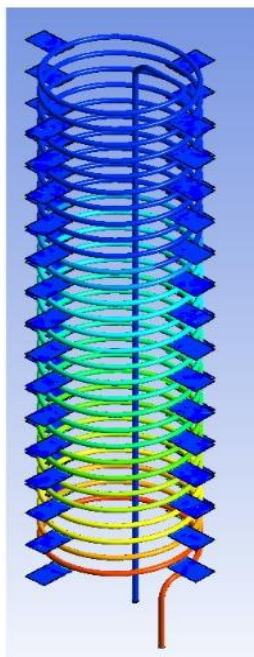
a. 10 menit



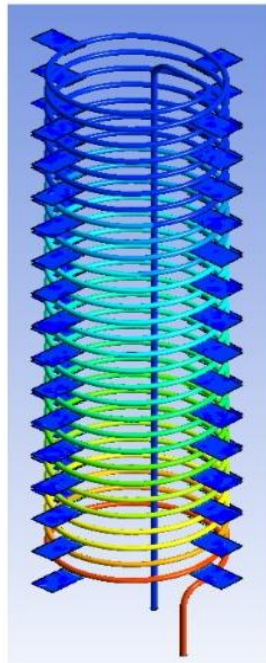
b. 20 menit



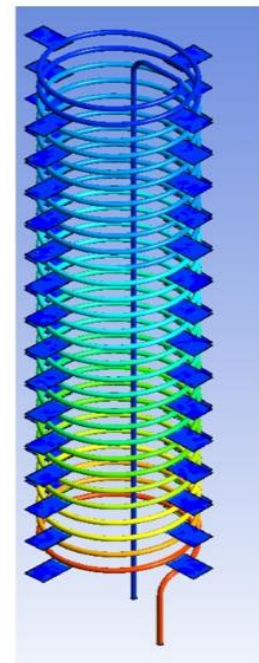
c. 30 menit



d. 40 menit



e. 50 menit



f. 60 menit

Gambar 4.12 Hasil Rekaman proses Simulasi Shell Helical Coil Bersirip

Gambar 4.51 Diatas menunjukkan proses aliran fluida panas fluida pada Shell Helical Coil Bersirip 30 lilitan dengan menggunakan software ansys. Proses masuknya aliran fluida panas dimulai dari pipa yang melengkung lubang inlet (temperatur masuk). Pada waktu 10 menit pertama pipa kapiler mulai berwarna merah pada beberapa lilitan menunjukkan bahwa temperatur tinggi, hingga pada menit ke 60 aliran fluida yang melintasi pipa kapiler menunjukkan temperatur semakin tinggi dan setelah itu mulai berwarna biru pada keluaran fluida (outlet) menunjukkan bahwa pipa kapiler mengalami penurunan temperatur akibat efek pendinginan dari air, dan penggunaan sirip pada pipa kapiler membuat pendinginan lebih optimal.

(keterangan warna : Merah = Temperatur tinggi, biru = penurunan temperatur yang diakibatkan oleh efek pendinginan dari air)

#### 4.1.2.5 Data perbandingan uji eskperimental dengan uji simulasi Shell helical Coil bersirip 30 lilitan

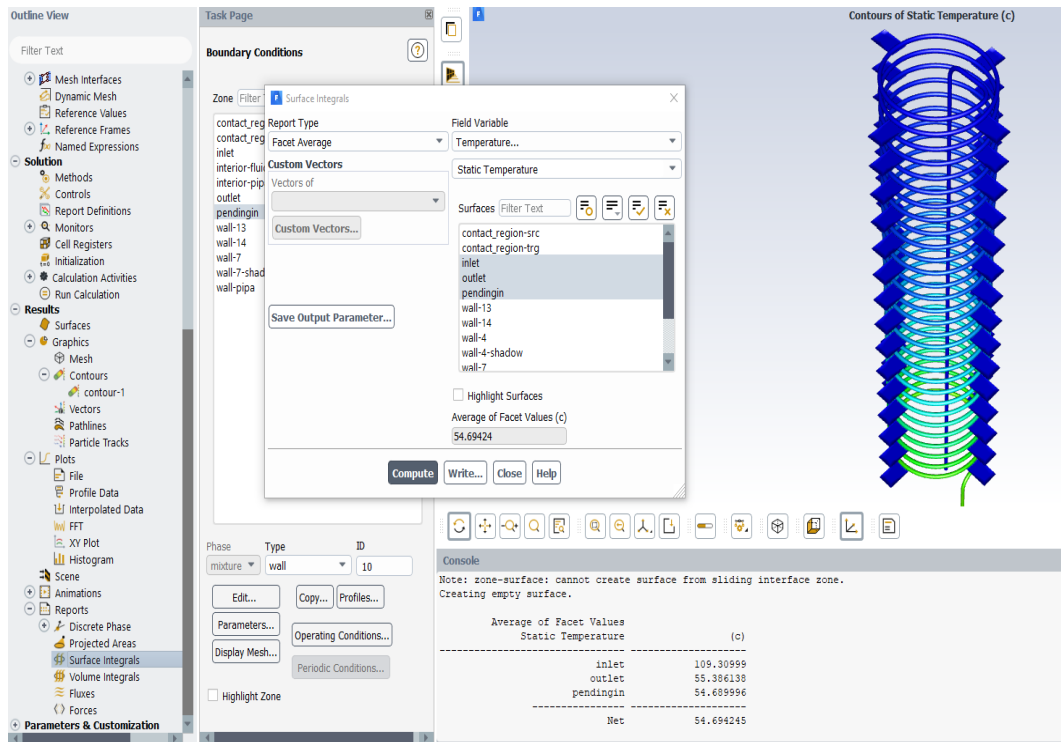
Tabel 4.2 Data Perbandingan Ujia eskperimental dengan Uji simulasi

Kondisi Batas (APK)	Temperatur (°C)	
	Ekperimen (Ulil,2019)	CFD
Temperatur Masuk	109.31	109.3099
Temperatur Keluar	55.13	55.386138
Temperatur Air Pendingin	54.69	54.689996

Dari hasil perbandingan menunjukkan perbedaan sekitar 0.256138 °C lebih tinggi hasil CFD atau sekitar 0.456 % eror hasil perbandingan simulasi dan ekperimen

$$\text{Persen eror} = \frac{55.386138 - 55.13}{55.13} \times 100$$

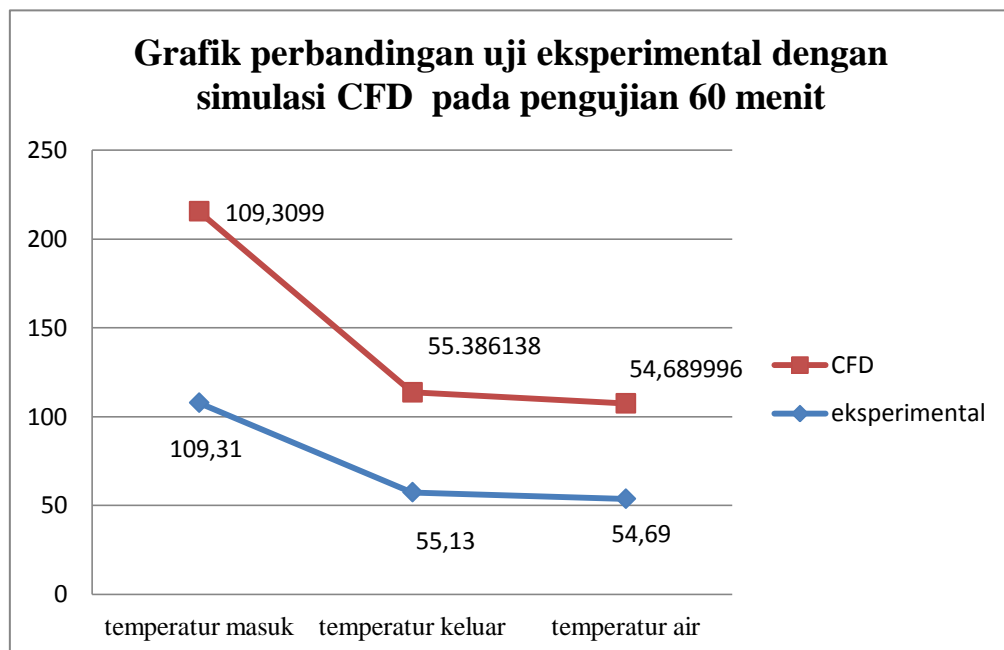
$$= 0.464 \%$$



Gambar 4.13 Hasil Data Uji Simulasi

#### 4.1.2.6 Grafik perbandingan Uji eksperimental dengan Uji Simulasi

Perbandingan ujia eksperimental dengan uji simulasi CFD terlihat di gambar di bawah ini.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Uji eksperimental dengan Uji Simulasi

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil dan Simulasi yang telah dilakukan maka dengan ini dapat di beri kesimpulan sebagai Berikut :

1. Hasil Uji Simulasi Shell Helical Coil Bersirip 30 lilitan hasil temperatur masuk APK 109.3099 °C, temperatur keluar APK 55.386138 °C dan temperatur air pendingin 54.689996 °C.
2. Hasil Uji Simulasi Shell Helical Coil Bersirip 15 lilitan hasil temperatur masuk APK 109.619 °C, temperatur keluar APK 56.65 °C dan temperatur air pendingin 54.939 °C.
3. Hasil uji simulasi tidak Jauh Beda Dengan Hasil Uji eksperimental yang dilakukan Oleh Dana Setiawan pada uji pada tahun 2019 dan Ulil Amri Pada tahun 2019

#### 5.2. Saran

Simulasi Shell Helical Coil Bersirip Pada ACWH ini masih kurang begitu banyak, agar di kembangkan lagi dengan menggunakan software-software lain nya yang sejenis, dan juga karena ini merupakan bahasan yang menarik dan masih bisa di kembangkan lebih banyak lagi agar menjadi sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita H. (2017) *Perpindahan Panas Dan Massa*. Penerbit Intelegensi Media, Malang .
- Amri, Ulil (2019).” Upaya Peningkatan *Performance* ACWH Dengan Penambahan Sirip Pada APK *Shell Helical Coil*. Laporan Tugas Akhir. Medan : Program Studi Teknik Mesin UMSU
- Awaluddin, Muhammad (2007). *Analisis Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda Dengan Sirip Berbentuk Delta Wing*. Laporan Tugas Akhir, Semarang : Program Studi Teknik Mesin UNS
- Aziz, Azridjal dkk. (2014). *Analisis Air Conditioning Sekaligus Sebagai Water Heater (ACWH)*. ISSN. Program Studi Teknik Mesin Universitas Riau.
- Fachrudin,Rochman dan Gumono. (2019). *Pengaruh Jumlah Sirip Terhadap Perpindahan Panas Pada Double Pipe Heat Exchanger*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2 No. 2. Politeknik Negeri Malang.
- Holman, Jack P, (Terj. Jasjfi, E). 1993 “*Perpindahan Panas*, Cetakan 3” Jakarta, Erlangga.
- Amri, Ulil (2019).” Upaya Peningkatan *Performance* ACWH Dengan Penambahan Sirip Pada APK *Shell Helical Coil*. Laporan Tugas Akhir. Medan : Program Studi Teknik Mesin UMSU
- Sigit maulana,syahdan.(2019). *Analisis Optimasi Aliran Fluida Dalam Pipa Kondensasi Water From Atmosphere Generator Berbasis Computational Fluid Dynamic (CFD)* . Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Semarang.
- Siregar C.A, dan Irfansyah, (2018) *Numerical Study Of Performance Using Winglets In The Compact Type Heat Exchanger*, Vol. 1 No. 1, 20-29
- Siregar C.A,dkk.(2017). *Analisa Numerik Peleburan Paraffin Wax Sebagai Thermal Storage*, Thesis. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Stoecker, F. Wilbert, 1996. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nur ilmi, Fikry,dkk.(2014).”Kajian Eksperimen Dan Simulasi Numerik Karakteristik Pemulihan Tekanan Pada *Sudden Expansion Chanel*”. Jurnal Teknik Mesin, Vol.2, No.1

Nurlia Sandi, Suci (2019). “ Analisa Simulasi Performansi Kampas Rem Komposit Dengan Variasi Beban Pemodelan Metode Elemen Hingga. Jurnal Departemen Teknik Mesin. Universitas Sumatera Utara

Ramadhan supit, Gilang, dkk (2014).” Simulasi Numerik Aliran Fluida Dalam Penstock Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*” .Jurnal Online poros Teknik Mesin. Vol.3 No.2

Riupasaa, helen dkk. (2019). *Analisis Konveksi Alami Dan Paksa Dengan Variasi Material*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Suswanto, dkk. (2015). *Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Berbentuk Siku Empat*. Program Studi Teknik Industri, Vol. 10 No. 1. Universitas Pancasakti Tegal

# **LAMPIRAN**

Task Page

Contours

Contour Name  
contour-1

Options

- Filled
- Node Values
- Contour Lines
- Global Range
- Auto Range
- Clip to Range
- Draw Profiles
- Draw Mesh

Coloring

- Banded
- Smooth

Colormap Options...

Contours of  
Temperature...

Static Temperature

Min (C) 54.9399 Max (C) 109.7268

Surfaces Filter Text

interface1,1-non-overlapping  
interface1,2  
interface1,2-non-overlapping  
outlet  
pendingin  
wall-fluida  
wall-pipa\_bersirip

New Surface

Save/Display Compute Close Help

Data File Quantities... Write... Compute Close Help

Solution Advancement Calculate

Console

```

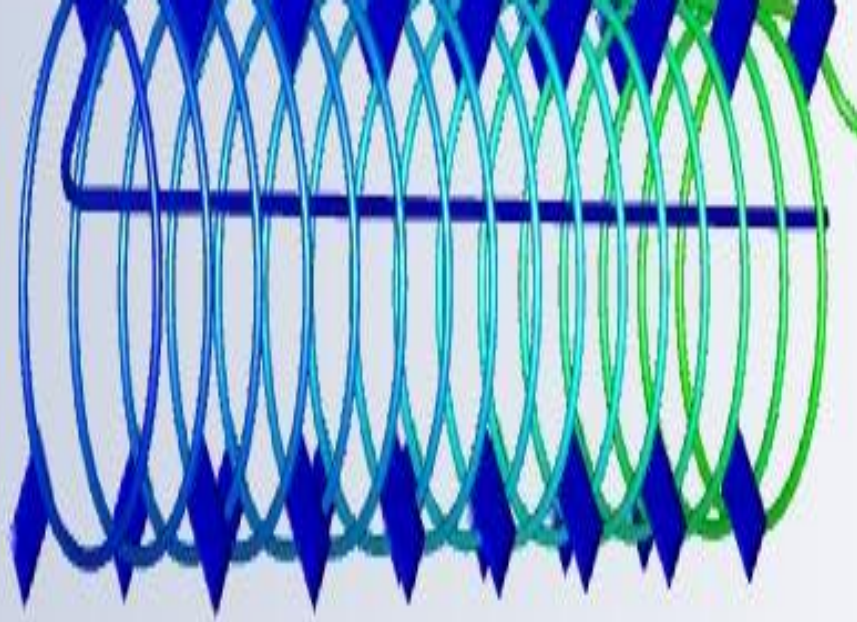
Parallel variables...
Done.

Average of Facet Values
Static Temperature (c)
inlet
109.61999
54.93994
  
```



### Contours of Static Tempera

perature  
10e+02  
04e+02  
88e+01  
33e+01  
78e+01  
23e+01  
69e+01  
14e+01  
59e+01  
04e+01  
49e+01



Task Page

### Boundary Conditions

Zone: **Filter** Surface Integrals

contact_reg	Report Type	Field Variable
contact_reg	Facet Average	Temperature...
inlet		Static Temperature
interior-fluid		
interior-pip		
outlet		
pendingin		
wall-13		
wall-14		
wall-7		
wall-7-shad		
wall-pipa		

Custom Vectors  
Vectors of

Custom Vectors...

Save Output Parameter...

Surfaces **Filter Text**

- contact\_region-src
- contact\_region-trg
- inlet
- outlet
- pendingin
- wall-13
- wall-14
- wall-4
- wall-4-shadow
- wall-7

Highlight Surfaces

Average of Facet Values (c)

54.69424

Compute Write... Close Help

---

Phase: mixture Type: wall ID: 10

Edit... Parameters... Display Mesh...

Copy... Profiles... Operating Conditions...

Basic Conditions

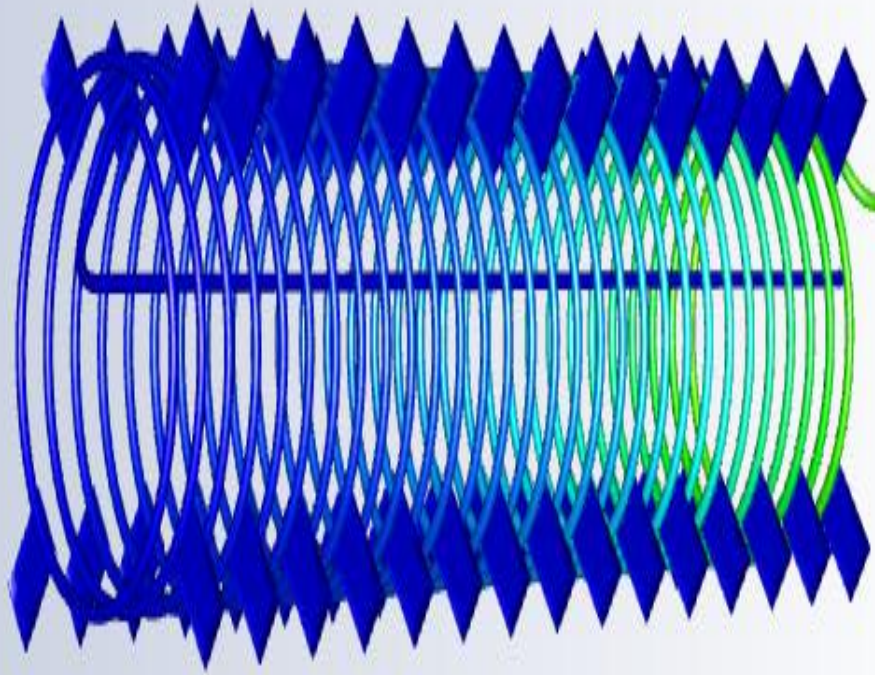
---

Console

Note: zone-surface: cannot create surface from sliding interface zone.  
Creating empty surface.

Average of Facet Values  
Static Temperature (c)  
inlet  
109.30959

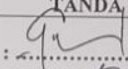
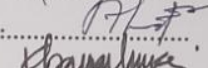
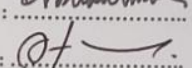
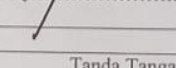
### Contours of Static Temperature









Temperature  
0.9e+02  
0.4e+02  
0.4e+01  
0.9e+01  
0.5e+01  
0.0e+01  
0.5e+01  
1.1e+01  
0.6e+01  
0.2e+01  
0.7e+01

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

Peserta seminar  
 Nama : Ahmad Fahmi  
 NPM : 1507230237  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Numerik Apk Shell Helica Coil Bersirip Pada Aplikasi ACWH

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : Affandi.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230072	MUHAMMAD ANWAR	
2	1607230126	ABAL HAERAN	
3	1607230073	RIFKI RAMADANI	
4	1607230034	HAFEL YABDI AOHHA	
5	1607230062	Abi Trisna Irawan	
6	1607230075	M. Koraluddin	
7			
8			
9			
10			

Medan, 21 Rab. Awal 1442 H  
07 Nopember 2020 M

Ketua Prodi. T. Mesin

:   
Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Fahmi  
NPM : 1507230237  
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Apk Shell Helica Coil Bersirip Pada Aplikasi ACWH

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

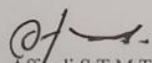
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*Frustrasi, Teori C & D Boundary Condition, Catatan lain seperti di list pada buku tugas. Akhira*

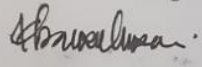
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 21 Rab.Awa 1442H  
07 Nopember 2020M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

  
Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Fahmi  
NPM : 1507230237  
Judul T.Akhir : Analisa Numerik Apk Shell Helica Coil Bersirip Pada Aplikasi ACWH

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Affandi.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 buku dan catatan.*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 21 Rab.Awa 1442H  
07 Nopember 2020M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

*Affandi*  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

*Affandi*  
Affandi.S.T.M.T



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila 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://fatek.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 522/II.3AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 04 Maret 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : AHMAD FAHMI  
Npm : 1507230237  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : X (SEPULUH)  
Judul Tugas Akhir : ANALISA NUMERIK APK SHELL HELICAL COIL BERSIRIP  
PADA APLIKASI AC'WH

Pembimbing I : CHANDRA A SIREGAR ST.MT  
Pembimbing II : AHMAD MARABDI ST.MT

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, 09 Rajab 1441 H

04 Maret 2020 M



Dekan

Muhammad Alfansury Siregar, ST..MT

NIDN: 0101017202

Cc. File

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Ahmad Fahmi  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Perawang, 08 Agustus 1997  
Alamat : Jl.Tombak N0.38  
Agama : Islam  
E-mail : [fahmiahmadfahmi97@gmail.com](mailto:fahmiahmadfahmi97@gmail.com)  
No.Hp : 0812 6770 1168

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 06 Tualang	Tahun 2003-2009
2. SMPN 04 Tualang	Tahun 2009-2012
3. SMAN 02 Tualang	Tahun 2012-2015
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2015-2021

### C. RIWAYAT ORGANISASI

1. KETUA PK IMM FAKULTAS TEKNIK UMSU P.A 2018/2019