

**SIMULASI PERPINDAHAN KALOR PADA RADIATOR  
DENGAN CAMPURAN RADIATOR *COOLANT* DAN  
*AQUADES* MENGGUNAKAN CFD**



**Ricky Zulfikar**

**5315107468**

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan  
Gelar Sarjana Pendidikan

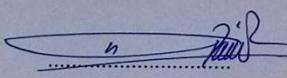
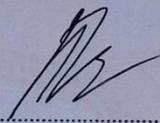
**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

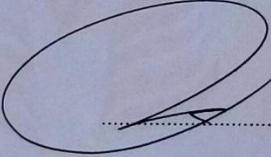
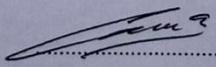
**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

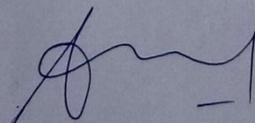
HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. (Dosen Pembimbing I)		22/8 2017
Ragil Sukarno, S.T., M.T. (Dosen Pembimbing II)		22/8 2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Dr. H. Priyono, M.Pd. (Ketua Penguji)		21/8 2017
I Wayan Sugita, S.T., M.T. (Sekretaris Penguji)		21/8 2017
Dr. Catur Setyawan K., M.T. (Dosen Ahli)		21/8 2017

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Pendidikan Teknik Mesin - UNJ

  
Ahmad Kholil, S.T., M.T

NIP. 197908312005011001

## HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Ricky Zulfikar  
Nomor Registrasi : 5315107468  
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi yang saya buat ini adalah benar hasil karya sendiri dan bukan salinan dari karya orang lain, kecuali beberapa kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Agustus 2017



Ricky Zulfikar

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan membimbing penulis selama menyelesaikan penulisan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta para sahabatnya.
2. Orang tua Bapak Zulkarnaen Dauly dan Ibu Yusriah Lubis yang selalu memberi dukungan moril dan materil.
3. Bapak Ahmad Kholil, ST., MT selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Dr. Darwin Rio Bydi Syaka, MT selaku dosen pembimbing 1 atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ragil Sukarno, ST., MT selaku dosen pembimbing 2 atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Eko Suyoso,S.pd yang memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis

7. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2010 sekalian atas segala dukungan yang diberikan kepada penulis.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan saran ataupun kritik yang membangun agar penulisan skripsi ini lebih baik dan bermanfaat.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

## ABSTRAK

Didunia otomotif sistem pendinginan untuk pencegahan kelebihan panas pada kendaraan adalah radiator. Untuk mengetahui perpindahan kalor yang baik pada kendaraan peneliti mencoba pencampuran komposisi antara radiator *coolant* dan *aquades* dengan campuran konsentrasi 75%, 50%, 25%. Kemudian dari komposisi antara radiator *coolant* dan *aquades* disimulasikan untuk mendapatkan gambaran perpindahan kalor terbaik menggunakan simulasi CFD dengan alat bantu *software solidworks*.

Metode yang dilakukan dengan simulasi *software solidworks* maka pertama pertama-tama yang harus dilakukan adalah pengumpulan data dari ketiga jenis campuran dengan konsentrasi 75%, 50%, dan 25%. Membuat gambar geometri sesuai dengan ukuran radiator yang sebenarnya. Memasukan kondisi batas-batas untuk menganalisa dan setiap analisa akan didapatkan hasil yang berbeda-beda untuk kita bandingkan.

Dari simulasi yang dilakukan oleh peneliti maka diperoleh hasil konsentrasi campuran yang baik untuk menghantarkan panas. Kosentrasi campuran 75% radiator *coolant* merah muda merupakan yang baik dan disarankan oleh peneliti untuk mencegah overheat dengan selisih perpindahan kalor yang tertinggi yaitu 21°k.

## **ABSTRACT**

*The world's automotive cooling system for the prevention of excess heat on the vehicle radiator. To know the good heat transfer in the vehicle the researchers tried mixing the composition between the radiator coolant and aquades. Then from the composition between the coolant radiator and the aquades are simulated to get the best heat picture using CFD simulation with solidworks software tool.*

*Methods performed with solidworks software simulation firstly the first thing to do is to collect data from three types of models with concentrations of 75%, 50%, and 25%. Make the geometry according to the actual radiator size. Entering the boundary conditions and the analysis will get different results for us compare.*

*From the simulation conducted by the researchers then obtained a good mixture concentration results to deliver heat. The 75% blend concentration of the pink coolant radiator is good and advised by the researchers to prevent overheating by the highest heat transfer difference of 21 ° k.*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah. ....	4
1.3 Pembatasan Masalah. ....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Fungsi Sistem Pendinginan. ....	6
2.2 Komponen – komponen Sistem Pendinginan .....	7
2.2.1. Pompa Air ( <i>Water Pump</i> ).....	7
2.2.2. Radiator.....	10
2.2.3. Kipas Dengan Kecepatan Bervariasi ( <i>variable speed fan</i> ).....	12
2.2.4. Kipas Fleksibel ( <i>Flexible Blades Fan</i> ). ....	13
2.2.5. Kipas Listrik ( <i>Electric fan</i> ).....	14
2.3 Anti Beku Dan Pendinginan ( <i>Antifreeze And Coolant</i> ).....	15

2.4 Sirkulasi Sistem Air Pendingin...	17
2.5 Solidworks.....	19
2.6 Flow Simulation.....	19

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2 Instrumen Penelitian.....	21
3.3 Metode penelitian .....	22
3.4 Proses Penelitian .....	23
3.5 Uraian penelitian .....	24
3.5.1. Langkah Desain .....	24
3.5.1.1. Desain kipas .....	24
3.5.1.2. <i>Blade</i> .....	25
3.5.1.3. Radiator.....	25
3.5.2. Perakitan ( <i>Assembly</i> ) .....	26
3.6 Proses Simulasi Aliran Fluida ( <i>Flow Simulation</i> ).....	28
3.6.1. Pengaturan Umum ( <i>General Setting</i> ) .....	28
3.6.2. Menentukan Daerah Putar ( <i>Rotating Region</i> ) .....	33
3.6.3. Menentukan Komdisi Batas ( <i>Boundary Conditions</i> ) .....	35
3.6.4. Menentukan Sumber panas ( <i>Heat Sources</i> ).....	36
3.6.5. Menentukakn Hasil Uji ( <i>Goals</i> ).....	37
3.6.6. Membuat <i>Intial Mesh</i> Pada Model .....	37
3.6.7. Menentukan Kontrol Perhitungan ( <i>Calculation Control Option</i> ). .....	39
3.7 Analisis Data .....	40
3.7.1. Metode analisi profil.....	40

### **BAB IV HASIL DAN ANALISIS**

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian .....	41
4.2 Hasil Penelitian <i>Software</i> .....	42
4.2.1. Pengujian Dengan Model 1 .....	43
4.2.1.1. Pembacaan Hasil Pengujian Menggunakan Potongan ( <i>Cut Plot</i> ) .....	43
4.2.1.2. Hasil Pengujian Permukaan Volume ( <i>Surfaces</i> ).....	45
4.2.1.3. Hasil Pengujian ( <i>Goal Plots</i> ) .....	49
4.2.2. Pengujian Dengan Model 2 .....	53
4.2.2.1. Pembacaan Hasil Pengujian Menggunakan Potongan ( <i>Cut Plot</i> ) .....	53
4.2.2.2. Hasil Pengujian Permukaan Volume ( <i>Surfaces</i> ).....	56
4.2.2.3. Hasil Pengujian ( <i>Goal Plots</i> ) .....	60
4.2.3. Pengujian Dengan Model 3 .....	64
4.2.3.1. Pembacaan Hasil Pengujian Menggunakan Potongan ( <i>Cut Plot</i> ) .....	64
4.2.3.2. Hasil Pengujian Permukaan Volume ( <i>Surfaces</i> ).....	67
4.2.3.3. Hasil Pengujian ( <i>Goal Plots</i> ) .....	71
4.3 Pembahasan .....	75
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran .....	79
5.2.1. Peneliti .....	79
5.2.2. Masyarakat.....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	keseimbangan panas .....	2
Gambar 2.1	Pompa Air .....	8
Gambar 2.2	Sirkulasi Air Oleh Pompa Pendingin.....	9
Gambar 2.3	Radiator Tipe Aliran Kebawah .....	11
Gambar 2.4	Radiator Tipe Aliran Kesamping.....	12
Gambar 2.5	Kipas Dengan Kecepatan Bervariasi .....	12
Gambar 2.6	Kopling Fluida .....	13
Gambar 2.7	Kipas Fleksibel ( <i>Flexible Blades Fan</i> ) .....	14
Gambar 2.8	Kipas Listrik ( <i>Electric Fan</i> ).....	15
Gambar 2.9	Radiator <i>Coolant</i> .....	16
Gambar 2.10	Skema Perpindahan Panas Pada Radiator.....	18
Gambar 3.1	Flowchart Metode Penelitian .....	23
Gambar 3.2	Kipas .....	24
Gambar 3.3	<i>Blade</i> .....	25
Gambar 3.4	Radiator .....	26
Gambar 3.5	<i>Assembly</i> .....	27
Gambar 3.6	<i>General Setting Analisis Type</i> .....	29
Gambar 3.7	<i>General Setting Fluids</i> .....	30
Gambar 3.8	<i>General Setting Solid</i> .....	31
Gambar 3.9	<i>General Setting Wall Conditions</i> .....	32
Gambar 3.10	<i>General Setting Initial Conditions</i> .....	33
Gambar 3.11	Persiapan Pengujian.....	34
Gambar 3.12	<i>Part Rotating Region</i> .....	34
Gambar 3.13	Input Nilai <i>Rotating Region</i> .....	35
Gambar 3.14	<i>Boundary Condition</i> .....	36

Gambar 3.15	<i>Heat Sources</i> .....	36
Gambar 3.16	<i>Goals Fluid Temperatur</i> .....	37
Gambar 3.17	<i>Setting Initials Mesh</i> .....	38
Gambar 3.18	<i>Hasil Initial Mesh</i> .....	38
Gambar 3.19	<i>Calculation Control option</i> .....	39
Gambar 3.20	<i>Calculation Control Option Manual Time Dtep</i> .....	40
Gambar 4.1	<i>Cut Plot Radiator Coolant Merah Muda 75%</i> .....	43
Gambar 4.2	<i>Cut Plot Radiator Coolant Merah Muda 50%</i> .....	44
Gambar 4.3	<i>Cut Plot Radiator Coolant Merah Muda 25%</i> .....	45
Gambar 4.4	<i>Surface Radiator Merah Muda 75%</i> .....	46
Gambar 4.5	<i>Surface Radiator Merah Muda 50%</i> .....	47
Gambar 4.6	<i>Surface Radiator Merah Muda 25%</i> .....	48
Gambar 4.7	<i>Grafik Hasi Pengujian 75% Coolant Merah Muda</i> .....	50
Gambar 4.8	<i>Grafik Hasil Pengujian 50% Coolant Merah Muda</i> .....	51
Gambar 4.9	<i>Grafik Hasil Pengujian 25% Coolant Merah Muda</i> .....	53
Gambar 4.10	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Muda 75%</i> .....	54
Gambar 4.11	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Muda 50%</i> .....	55
Gambar 4.12	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Muda 25%</i> .....	56
Gambar 4.13	<i>Surface Radiator Hijau Muda 75%</i> .....	57
Gambar 4.14	<i>Surface Radiator Hijau Muda 50%</i> .....	58
Gambar 4.15	<i>Surface Radiator Hijau Muda 25%</i> .....	59
Gambar 4.16	<i>Grafik Hasi Pengujian 75% Coolant Hijau Muda</i> .....	61
Gambar 4.17	<i>Grafik Hasil Pengujian 50% Coolant Hijau Muda</i> .....	62
Gambar 4.18	<i>Grafik Hasil Pengujian 25% Coolant Hijau Muda</i> .....	63
Gambar 4.19	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Tua 75%</i> .....	65
Gambar 4.20	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Tua 50%</i> .....	66
Gambar 4.21	<i>Cut Plot Radiator Coolant Hijau Tua 25%</i> .....	67

Gambar 4.22	<i>Surface</i> Radiator Hijau Tua 75% .....	68
Gambar 4.23	<i>Surface</i> Radiator Hijau Tua 50% .....	69
Gambar 4.24	<i>Surface</i> Radiator Hijau Tua 25% .....	70
Gambar 4.25	Grafik Hasi Pengujian 75% <i>Coolant</i> Hijau Tua .....	72
Gambar 4.26	Grafik Hasil Pengujian 50% <i>Coolant</i> Hijau Tua .....	73
Gambar 4.27	Grafik Hasil Pengujian 25% <i>Coolant</i> Hijau Tua .....	74
Gambar 4.28	Grafik Selisih Temperatur Dari Setiap Kosentrasi .....	76
Gambar 4.29	Grafik selisih temperatur dari setiap kosentrasi <i>coolant</i> saat eksperimen.....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Pengujian .....	41
Tabel 4.2	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Merah Muda 75% Dan <i>Aquades</i> 25% .....	49
Tabel 4.3	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Merah Muda 50% Dan <i>Aquades</i> 50% .....	51
Tabel 4.4	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Merah Muda 25% Dan <i>Aquades</i> 75% .....	52
Tabel 4.5	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Muda 75% Dan <i>Aquades</i> 25% .....	60
Tabel 4.6	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Muda 50% Dan <i>Aquades</i> 50% .....	61
Tabel 4.7	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Muda 25% Dan <i>Aquades</i> 75% .....	63
Tabel 4.8	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Tua 75% Dan <i>Aquades</i> 25% .....	71
Tabel 4.9	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Tua 50% Dan <i>Aquades</i> 50% .....	73
Tabel 4.10	Nilai Hasil Pengujian Temperatur <i>Coolant</i> Hijau Tua 25% Dan <i>Aquades</i> 75% .....	74
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Simulasi .....	75

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 .....	82
Lampiran 2 .....	83
Lampiran 3 .....	84

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pencampuran bahan bakar dengan udara didalam silinder pada mesin yaitu bertujuan untuk menghasilkan panas yang kemudian digunakan untuk menghasilkan tenaga mekanis.<sup>1</sup> Dalam proses yang terjadi dalam pembakaran dalam menghasilkan panas yang kemudian diubah menjadi tenaga mekanis. Panas yang dihasilkan mempunyai dampak yang baik dan buruk. Jika panas yang dihasilkan berlebih maka akan terjadi *overheating* yang menyebabkan performa mesin menjadi tidak maksimal.

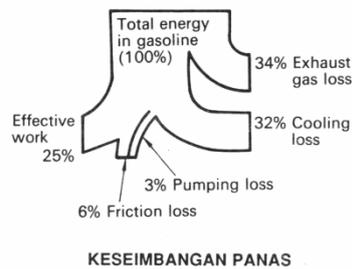
Ada beberapa faktor yang dapat mengurangi panas demi tercapainya performa mesin yang maksimal. Misalnya dalam sistem pendinginan ,dengan adanya radiator dan minyak pelumas. Untuk minyak pelumas , misalnya komponen mesin yang bergesekan akan menjadi stabil dan mencegah adanya *overheating*.

Apabila Pada mesin bensin hanya 23 – 28 % energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar di dalam silinder yang dimanfaatkan secara efektif sebagai tenaga. Sedangkan sisanya terbuang dalam beberapa bentuk seperti diperlihatkan dibawah ini.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Wardan Suyanto, *Teori Motor Bensin*, (Jakarta : Depdikbud, 1989), hlm 378

<sup>2</sup>New Step 1, *Training Manual* (PT. Toyota Astra Motor,2000), hlm 118



Gambar 1.1 Keseimbangan panas

Sistem pendingin merupakan salah satu cara untuk mencegah kelebihan panas. Sistem pendinginan menjaga mesin agar selalu berada di suhu efisien pada semua kecepatan dan kondisi saat beroperasi.<sup>3</sup> Dalam suatu proses pembakaran, fungsi pendinginan sangat penting, agar suhu dalam ruang pembakaran tetap berada dalam temperatur efisien sehingga hasil dari proses pembakaran menjadi maksimal.

Mesin dengan air pendinginan lebih aman, sebab ruang bakar dikelilingi pendinginan, juga bertindak sebagai peredam *noise*. Air pendingin yang panas dapat juga digunakan sebagai sumber panas untuk memanaskan udara di dalam kendaraan.<sup>4</sup> Media air selama ini dianggap yang paling baik untuk menyerap panas, dimana penyerapan panas melalui air dianggap efisien dalam fungsi pendinginan.

Radiator merupakan alat penukar panas yang menggunakan fluida cair sebagai media penukar panas. Fluida cair yang digunakan pada radiator mempengaruhi pendinginan di motor. Sehingga para pengguna kendaraan bermotor mengharapkan agar cairan di dalam radiator dapat menyerap panas

<sup>3</sup>Crouse-Anglin, *Automotive Mechanics* (Ohio : McGRAW-HILL, 1946), hlm 315

<sup>4</sup>New Step 1, *Ibid*, hlm 118

secara maksimal sehingga tidak terjadi *overheating* pada motor. Saat ini berbagai macam cairan radiator yang digunakan seperti air, *coolant* atau cairan yang dikomposisikan sendiri oleh pengguna kendaraan. *Coolant* merupakan fluida campuran antara air, *ethylene glycol/ propylene glycol* dan zat aditif tertentu sebagai inhibitor korosi. Beberapa perusahaan otomotif berlomba – lomba menjual *coolant* untuk kendaraan yang mereka produksi sendiri. Namun mereka tidak menjelaskan pengaruh *coolant* yang mereka produksi terhadap pendinginan motor.

Beberapa pabrikan *Coolant* menggunakan analisa serta menggunakan simulasi perangkat lunak (*software*) guna meneliti *Coolant* tersebut. Dan biasanya beberapa pabrikan *Coolant* menggunakan program simulasi *Computational Fluid Dynamic* atau sering disebut dengan *CFD*. Dengan menggunakan *software* ini pabrikan *Coolant* tersebut dapat membuat virtual prototype dari sebuah system atau alat yang ingin dianalisis dengan menerapkan kondisi nyata di lapangan. *CFD* akan memberikan data - data, gambar - gambar, atau kurva - kurva yang menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang disimulasikan.

Dari uraian diatas, maka penulis menganggap perlu diadakan penelitian tentang “Simulasi perpindahan kalor pada radiator dengan campuran radiator , *coolant*, dan *aquades* menggunakan CFD”.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perpindahan kalor yang terjadi pada radiator?
2. Bagaimana kurva-kurva yang diberikan pada setiap fluida?
3. Manakah coolant yang baik bagi radiator?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Agar pengujian yang dilakukan lebih terarah sesuai tujuan yang hendak dicapai maka ditentukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Desain radiator untuk simulasi menggunakan solidworks.
2. Analisis aliran fluida dan perpindahan yang terjadi didalam radiator menggunakan simulasi.
3. Temperatur lingkungan pada pengujian adalah 308°k.

## 1.4 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

“ Bagaimana perpindahan kalor yang terjadi didalam radiator dengan menggunakan CFD”.

### **1.5 Tujuan penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perpindahan kalordari setiap komposisi campuran antara aquades dan radiator *coolant*.
2. Mendapatkan gambaran kalor terbaik dari komposisi campuran antara aquades dan radiator *coolant* dengan menggunakan simulasi CFD.
3. Memberikan saran untuk memilih fluida cair untuk radiator berdasarkan hasil penelitian ini kepada pembaca.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan kreatifitas mahasiswa dalam pemanfaatan *software* CFD untuk menganalisi perpindahan kalor yang terjadi.
2. Memberikan solusi kemudahan dalam analisis aliran panas dan perpindahan kalor.
3. Memberikan gambaran dan kurva-kurva perpindahan panas dari setiap *coolant*.
4. Untuk memperluas wawasan penulis.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1.Fungsi Sistem Pendinginan**

Secara garis besar fungsi sistem pendingin dapat dibagi menjadi empat. Yang pertama ialah untuk mengurangi panas pada motor. Panas yang dihasilkan oleh pembakaran campuran bahan bakar dengan udara dapat mencapai temperatur sekitar 2500° C.<sup>5</sup> Panas yang berlebih dapat mengubah fungsi komponen. Dimana jika terjadi kelebihan panas akan menyebabkan tidak maksimalnya kinerja komponen tersebut.

Fungsi kedua adalah untuk mempertahankan temperatur motor agar selalu pada temperatur kerja yang paling efisien pada semua keadaan kerja motor. Biasanya temperatur kerja motor adalah sekitar 82° C – 99° C.<sup>6</sup> Pada saat bagaian motor mencapai temperatur ini, bagian – bagian tersebut akan memuai sehingga *clearance* pada bagaian masing – masing akan tepat. Disamping itu juga akan menjamin kinerja motor yang maksimum dan hasil emisi gas buang yang minimum.

Fungsi yang ketiga adalah untuk mempercepat motor mencapai temperatur kerjanya, karena untuk mencegah keausan yang berlebihan, kerja motor yang kurang baik, emisi gas buang yang berlebihan dan sebagainya. Hal ini dapat terjadi karena pada saat motor bekerja pada temperatur yang dingin maka campuran bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam silinder tidak sesuai

---

<sup>5</sup>Wardan Suyanto, *Ibid*, hlm 378

<sup>6</sup>Wardan Suyanto, *Ibid*, hlm 378

dengan campuran yang dapat menghasilkan kerja motor yang maksimum. Karena temperatur dinding silinder dingin, pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga gas buang banyak mengandung emisi yang merugikan. Karena alasan tersebut maka pada saat motor hidup temperatur kerja harus segera dicapai. Hal ini akan dipenuhi dengan adanya sistem pendinginan yang dilengkapi dengan peralatan yang dapat memungkinkan hal tersebut.

Fungsi keempat dari sistem pendinginan adalah untuk memanaskan ruangan di dalam ruang penumpang. Hal ini dipakai pada negara – negara yang mengalami musim dingin.

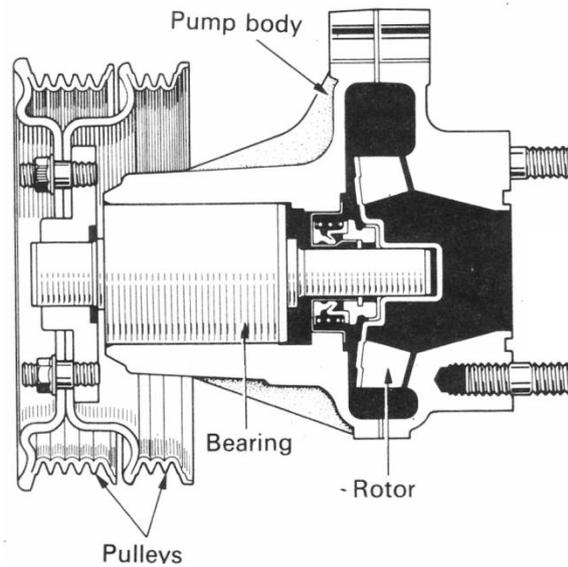
## **2.2.Komponen – Komponen Sistem Pendinginan**

### **2.2.1 Pompa Air ( *Water Pump* )**

Pompa air digunakan pada sistem pendinginan adalah pompa sentrifugal yang memompakan air dari radiator kemudian disirkulasikan ke seluruh bagian motor yang didinginkan seperti blok silinder, kepala silinder dan bagian – bagian lain yang perlu didinginkan. Pompa mensirkulasikan *coolant* sebanyak 28,390 L dalam waktu satu jam.<sup>7</sup> Dalam sistem pendinginan, fungsi pompa sangat berperan untuk mensirkulasikan fluida. Maka dibutuhkan pompa agar sistem pendinginan dalam suatu sistem yang membutuhkan berfungsi dengan maksimal.

---

<sup>7</sup>Crouse-Anglin, *Op.Cit*, hlm 317



Gambar 2.1. Pompa air<sup>8</sup>

Pada saat motor bekerja maka putaran poros engkol diteruskan oleh tali kipas untuk memutar pompa sehingga pompa menghisap air dari radiator bagian bawah. Pengisapan air pada bagian bawah air dimaksudkan untuk mengambil air yang sudah didinginkan oleh radiator, karena air yang didinginkan akan berada di bagian bawah karena berat jenisnya yang lebih besar daripada air yang panas. Air ini kemudian ditekan oleh pompa untuk disirkulasikan ke bagian-bagian yang memerlukan air pendingin.

<sup>8</sup>New Step 1, *Op. Cit*, hlm 122

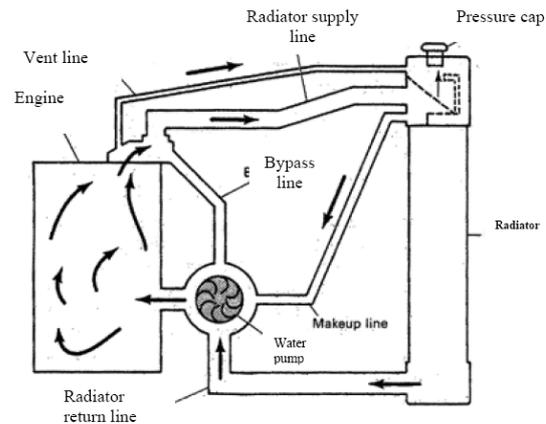


Figure 26  
Radiator Cooling System

Gambar 2.2. Sirkulasi air oleh pompa pendingin<sup>9</sup>

Pemanasan serta pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup merupakan satu diantara proses – proses perpindahan panas yang terpenting dalam perindustrian. Rancang bangun serta analisa semua jenis penukar panas memerlukan pengetahuan tentang keefisien perpindahan apanas antara dinding saluran dan fluida yang mengalir di dalamnya. Bila suatu koefisien perpindahan panas untuk suatu geometri tertentu serta kondisi aliran yang telah ditetapkan telah diketahui, maka laju perpindahan panas pada beda suhu yang ada dapat dihitung dari persamaan

$$q_c = h_c A (T_{permukaan} - T_{fluida})^{10}$$

Hubungan yang sama juga dapat dipergunakan untuk menentukan luas yang digunakan untuk memindahkan panas pada suatu laju yang telah ditetapkan untuk potensial suhu tertentu. Dalam praktek suhu di tengah – tengah saluran sulit diukur lagi pula suhu tersebut bukanlah tolak ukur perubahan energi-dalam

<sup>9</sup><http://industries-news.blogspot.co.id/2010/07/3-internal-combustion-engines-cooling.html>,  
(Selasa, 4 Juli 2017, 18:10 WIB)

<sup>10</sup>Arko Prijono & Frank Kreith, *Prinsip – prinsip Perpindahan Panas* (Jakarta: Erlangga, 1997), hal. 415

seluruh fluida yang mengalir dalam saluran itu. Maka dari itu telah merupakan kebiasaan umum untuk mempergunakan suhu curahan rata – rata ( average bulk temperature )  $T_b$  sebagai suhu fluida acuan. Untuk menuliskan keseimbangan panas secara mudah, karena dalam keadaan stedi ( ajeg ) perbedaan antara suhu-curahan rata – rata pada dua penampang suatu saluran merupakan tolok-ukur langsung laju perpindahan panas dengan rumus:<sup>11</sup>

$$q = mc_p \Delta T_b$$

Dimana

$q$  = laju perpindahan panas ke fluida ( W )

$m$  = laju aliran ( kg/s )

$c_p$  = panas jenis pada tekanan konstan ( J/kg°C )

$\Delta T_b$  = beda suhu-curahan antara penampang – penampang yang bersangkutan ( K )

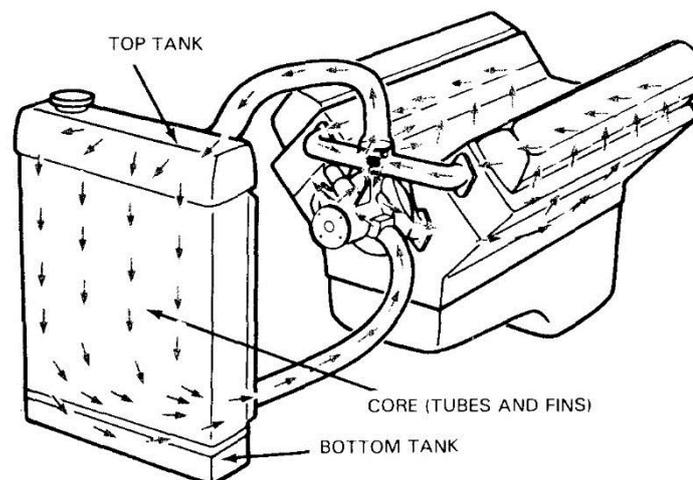
### 2.2.2 Radiator

Radiator adalah alat penukar kalor untuk mengurangi panas yang dibawa oleh air pendingin dari mesin. Radiator berguna untuk mendinginkan air pendingin dengan memanfaatkan udara luar yang mengalir di sela – sela radiator. Air dikirim ke bagian yang didinginkan melalui selang radiator. Radiator memiliki tiga bagian utama yaitu inti radiator ( *radiator core* ), selang masuk ( *inlet* ) dan selang keluar ( *outlet* ). Pada bagian inti biasanya terbuat dari almunium. Pada bagian ini memiliki dua komponen yaitu sirip – sirip ( *fins* ) dan

---

<sup>11</sup>Arko Prijono & Frank Kreith, *Ibid*, hal 417

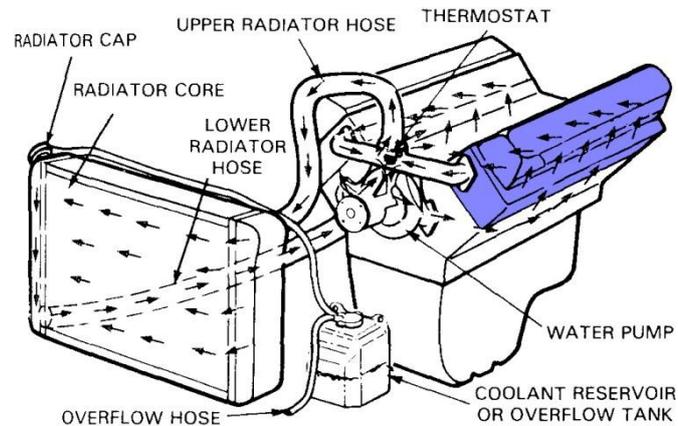
pipa kecil ( *tubes* ). Air pendingin dengan temperatur tinggi masuk melalui *inlet* menuju *outlet* melalui *tubes* dan aliran udara dihembuskan melalui sirip – sirip untuk menurunkan suhu cairan pendingin. Radiator memiliki dua jenis tipe aliran yaitu radiator dengan aliran ke bawah ( *down flow radiator* ) dan aliran ke samping radiator ( *cross flow radiator* ). Pada radiator aliran ke bawah, air panas dari motor masuk pada bagian atas radiator kemudian mengalir ke bawah melalui pipa kecil di dalam radiator sambil didinginkan melalui udara sekitar radiator dan kemudian diisap oleh pompa untuk dikirim kembali ke bagian – bagian motor yang perlu didinginkan.



Gambar 2.3. Radiator tipe aliran ke bawah ( *down flow radiator* )<sup>12</sup>

Radiator yang menggunakan aliran ke samping, air pendingin dari motor masuk pada bagian atas tetapi tangki radiatornya tidak berada pada bagian atas radiator seperti pada radiator aliran ke bawah, melainkan berada pada bagian samping ( horizontal ) dari radiator sehingga radiator dapat dibuat menjadi lebih rendah yang memungkinkan tutup atau kap mobil dibuat lebih rendah.

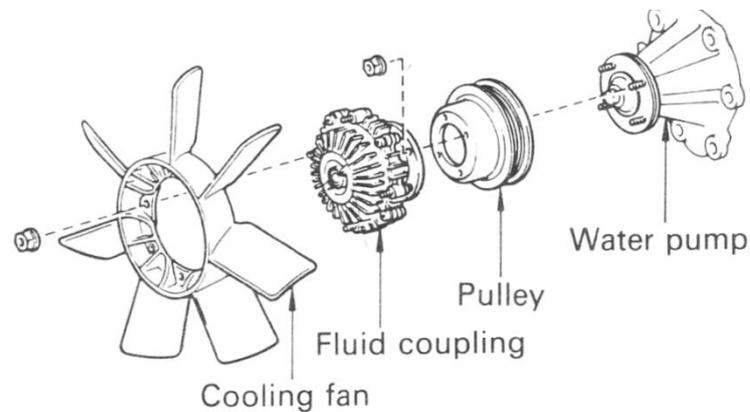
<sup>12</sup><http://www.autocorner.ca/pages/radiators.html>, (Selasa, 4 Juli 2017, 18:25)



Gambar 2.4. Radiator tipe aliran ke samping ( *cross flow radiator* )<sup>13</sup>

### 2.2.3. Kipas Dengan Kecepatan Bervariasi ( *Variable Speed Fan* )

Kipas dengan kecepatan variabel digerakan mengikuti kopling kipas. Cairan kopling digunakan untuk mengatur suhu yang menghubungkan antara *pulley* pompa air dan kipas.

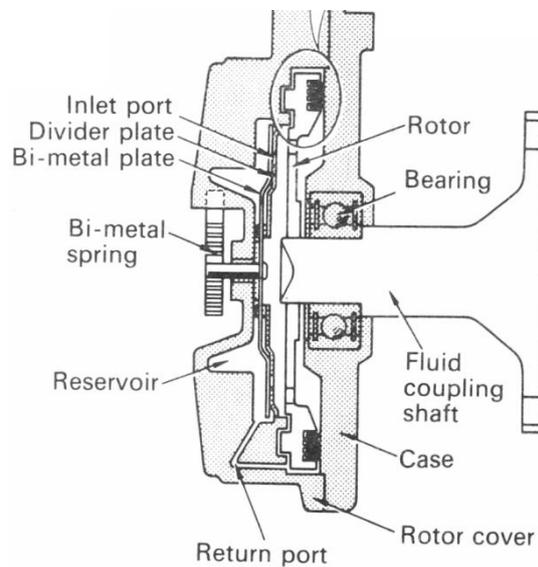


Gambar 2.5. Kipas dengan kecepatan bervariasi ( *variable speed fan* )<sup>14</sup>

<sup>13</sup><http://www.autocorner.ca/pages/radiators.html>, (Selasa, 4 Juli 2017, 17:45)

<sup>14</sup>New Step 1, *Op.Cit*, 126

Suhu udara menyebabkan termostat menjadi bengkok, sehingga katup memberikan minyak silikon untuk masuk dan keluar. Ketika mesin dalam keadaan dingin, cairan kopling menjadi slip sehingga kipas tidak berputar. Hal ini dapat mengurangi kebisingan ( *noise* ) dan menghemat tenaga mesin. Ketika mesin mulai dipanaskan, termostat dapat terbuka sehingga minyak silikon dapat mengalir dan kipas dapat berputar.



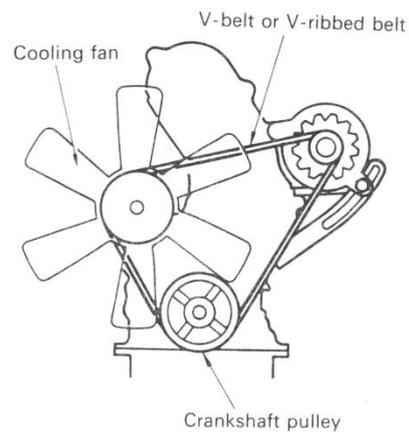
Gambar 2.6. Kopling fluida<sup>15</sup>

#### 2.2.4. Kipas Fleksibel ( Flexible Blades Fan )

Kipas fleksibel biasanya terbuat dari plastik sebagai daun kipasnya sehingga dapat mudah berubah apabila kecepatan putar motor berubah. Salah satu cara untuk mengurangi tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan kipas dan mengurangi kebisingan ( *noise* ) digunakanlah kipas fleksibel. Saat putaran motor rendah, daun kipas tetap melengkung sehingga dapat menimbulkan aliran udara

<sup>15</sup>New Step 1, *Ibid*, hlm 126

yang cukup untuk mendinginkan air pendingin di dalam radiator. Pada saat motor kecepatan tinggi daun kipas akan semakin rata sehingga tidak banyak menarik udara melalui radiator, namun dengan kecepatan motor yang cukup tinggi sudah mampu udara sekitar mendinginkan air di dalam radiator.



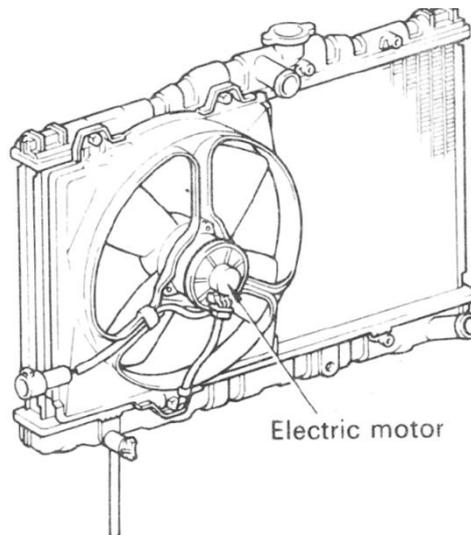
Gambar 2.7. Kipas Fleksibel ( *Flexible Blades Fan* )<sup>16</sup>

#### 2.2.5. Kipas Listrik ( *Electric Fan* )

Kipas listrik adalah kipas yang digerakan oleh motor listrik. Kipas semacam ini dipakai pada motor dengan penggerak didepan dengan motor melintang. Jarak antara pompa air dengan pendingin yang jauh sehingga diperlukan kipas listrik. Kipas akan berputar jika suhu motor melebihi batas yang ditentukan biasanya sekitar  $89^{\circ} - 97^{\circ} \text{ C}$  dan akan berhenti jika suhunya sudah turun dari batas yang ditentukan.<sup>17</sup>

<sup>16</sup>New Step 1, Op.Cit, 124

<sup>17</sup>Wardan Suyanto, *Op.Cit*, hlm 399



Gambar 2.8. Kipas Listrik (Electric Fan)<sup>18</sup>

### 2.3 Anti Beku Dan Pendingin (*Antifreeze And Coolant*)

Air membeku pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  jika hanya air yang digunakan sebagai pendingin maka air akan membeku ketika suhu turun dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  maka sirkulasi pendinginan akan terhenti dan mesin akan kelebihan panas (*overheat*). Untuk mencegah pembekuan pada sistem pendinginan maka zat anti beku (*anti freeze*) ditambahkan pada air pendingin. Zat antibeku yang banyak digunakan adalah ethylene glycol. Mencampurkan setengah air pendingin dan setengah zat anti beku sangat disarankan pada para pengguna mobil. Campuran tersebut tidak akan membeku diatas  $-34^{\circ}\text{C}$  dan kan membeku dibawah  $-34^{\circ}\text{C}$ . Larutan dari 70 % anti beku akan mencegah pembekuan air pendingin serendahnyanya  $-64^{\circ}\text{C}$ .<sup>19</sup> Cairan pendingin yang direkomendasikan dari campuran setengah air dan stengah zat anti beku memiliki 3 fungsi :

<sup>18</sup>New Step 1, *Op.Cit*, hlm 123

<sup>19</sup>Crouse-Anglin, *Op.Cit*, hlm 324

1. Titik beku dari air pendingin menjadi lebih rendah sekitar  $-37^{\circ}\text{C}$
2. Menaikan titik didih dari air pendingin menjadi sekitar  $108^{\circ}\text{C}$  sehingga saat cuaca panas pengurangan air pendingin akan sedikit.
3. Melindungi logam di sistem pendinginan dari korosi dan keropos.

Zat anti beku mengandung zat aditif lainnya termasuk zat pencegah korosi ( *corrosion inhibitor* ) dan zat pencegah buih ( *foam inhibitor* ). Korosi atau karat dapat memperpendek usia dari logam serta membentuk lapisan penghambat yang mengurangi kemampuan perpindahan panas dari logam ke air pendingin. Zat pencegah buih mencegah air pendingin menjadi buih ketika melalui pompa karena buih mengandung balon udara kecil yang menghambat penyerapan panas ke air pendingin. Biasanya zat anti beku diberi warna hijau atau hijau kebiru – biruan untuk mempermudah mengetahui kebocoran selain itu untuk mengetahui laju korosi pada sistem pendinginan, jika warnanya sudah berubah maka segera diganti air pendingin yang baru.



Gambar 2.9. Radiator Coolant<sup>20</sup>

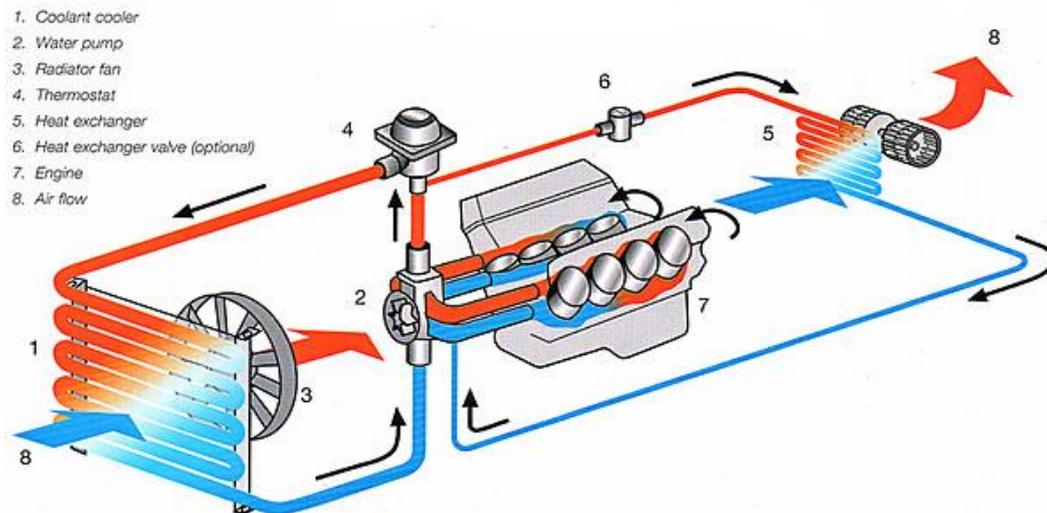
---

<sup>20</sup><http://rcautospecialists.com/coolant-flush-detox-vehicles-cooling-system/>, (Selasa, 4 Juli 2017, 17:30)

Ada dua jenis tipe zat anti beku ethylene glycol yaitu tinggi kandungan silika dan rendah kandungan silika. Hal ini tergantung pada kandungan pencegah silikon silika yang ditambahkan pada ethylene glycol. Kebanyakan mesin kendaraan menggunakan zat anti beku tinggi silika karena melindungi komponen aluminium tanpa perlindungan ini aluminium akan mengelupas. Zat anti beku rendah silika digunakan pada diesel atau mesin bensin yang terbuat dari *cast-iron* blok silinder dan blok kepala.

#### **2.4 Sirkulasi Sistem Air Pendingin**

Sirkulasi pendinginan digerakan Pompa Air yang mengirim cairan pendingin menuju blok mesin, dimana cairan tersebut mengalir melalui jalur-jalur disekitar silinder, lalu kembali melalui jalur yang melewati kepala silinder. Termostat terletak pada bagian dimana cairan meninggalkan mesin. Jika thermostat dalam keadaan tertutup, maka cairan mengalir kembali menuju pompa air. Dan jika thermostat dalam kondisi terbuka, maka cairan mengalir menuju radiator terlebih dahulu, baru kemudian kembali ke pompa air.



Gambar 2.10. Skema perpindahan panas pada radiator<sup>21</sup>

## 2.5 Solidworks

Solidworks adalah software yang digunakan untuk membuat desain produk dari yang sederhana hingga yang kompleks seperti roda gigi, casing handphone, mesin mobil dsb. Solidworks menyediakan feature-based, parametric solid modeling. Feature based ini yang akan sangat mempermudah bagi usernya dalam membuat model 3D. Karena hal ini akan membuat kita sebagai user bisa membuat model sesuai dengan intuisi kita<sup>22</sup>. Dengan *software* Solidworks kita dapat membuat analisa tentang sebuah model dari produk ataupun sebuah sistem.

<sup>21</sup>[http://www.acc.co.id/news/read/173/mengenal\\_cara\\_kerja\\_sistem\\_pendingin\\_mobi#VD3EG0Fovo4](http://www.acc.co.id/news/read/173/mengenal_cara_kerja_sistem_pendingin_mobi#VD3EG0Fovo4), (Selasa, 4 Juli 2017,19:00)

<sup>22</sup><https://www.scribd.com/doc/225422815/Pengertian-Solid-Work>, (Selasa, 4 Juli 2017, 19:20)

## 2.6 Flow Simulation

Flow simulation merupakan program analisa panas (thermal) dan simulasi aliran fluida pertama dan termudah yang sudah disertakan pada software solidworks. Solidworks Flow Simulation menghilangkan kebutuhan untuk memodifikasi desain Anda untuk aplikasi *computational fluid dynamics* (CFD) lainnya sehingga menghemat waktu dan biaya. Dengan kemampuan analisis CFD yang sudah terintegrasi, Anda bisa mensimulasikan aliran cairan dan gas seperti dalam kondisi di dunia nyata, menjalankan scenario “*what if*” dan menganalisa dengan cepat efek dari aliran fluida, perpindahan panas, dan dorongan / paksaan terkait pada komponen yang diredam atau komponen disekitarnya. Analisis fluida yang menarik untuk dilakukan antara lain terdiri dari udara, air, cairan kimia, gas, jus, es krim, madu, lelehan plastik, pasta gigi, darah, dan lainnya. Beberapa fitur pada solidworks flow simulation:

1. *Radiation head transfer analysis*: melihat bagaimana panas ditransfer antar high-temperatur surfaces.
2. *Internal flow analysis*: melihat bagaimana cairan dan gas melewati katup, regulator dan saluran.
3. *Rotating reference frame analysis*: sangat mudah untuk memahami arus rotasi yang kompleks didalam mesin turbo.
4. *Transient flow analysis*: untuk mensimulasikan aliran yang tidak stabil dari waktu ke waktu.

5. *Conduction and convection head transfer analysis*: melihat bagaimana panas mengalir melewati sebuah objek<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup><http://arismadata.com/solidworks/products-simulation-flow.php>, (Rabu, 5 Juli 2017, 10:10)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan waktu penelitian**

Tempat penelitian: Laboratorium Otomotif Universitas Negeri Jakarta

Waktu penelitian: maret 2017 – juni 2017

#### **3.2. Instrument penelitian**

Instrumen yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut :

- a. *Microsoft Office Word* 2013
- b. Simulasi fluida berbasis elemen hingga

##### 2. Alat Penelitian

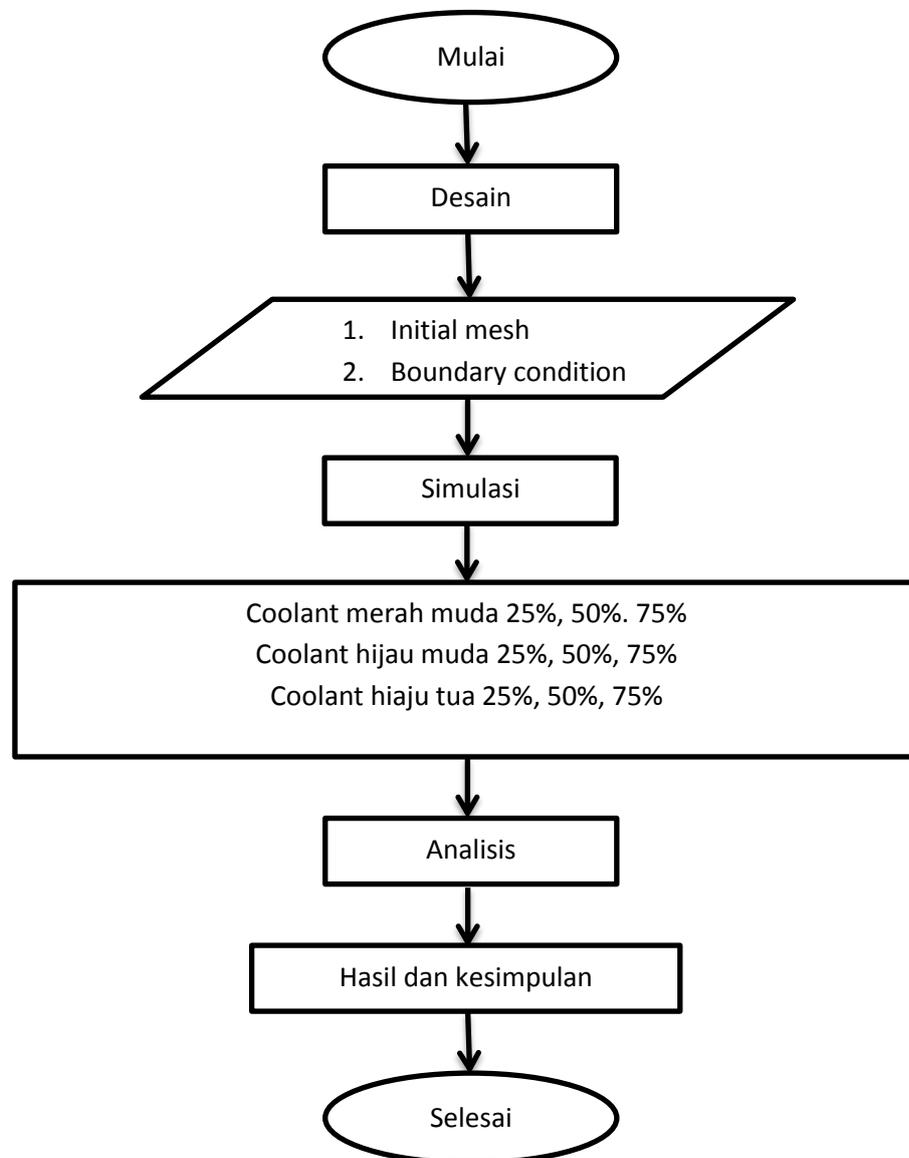
- a. Laptop Intel Core I3.
- b. Buku yang digunakan sebagai referensi
- c. Jurnal terkait radiator
- d. Laporan penelitian terkait radiator *coolant*
- e. Kalkulator
- f. Peralatan tulis

### 3.3. Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam metode ini adalah dengan metode menggunakan simulasi dengan *software solidworks*. Sebelum melakukan simulasi yang pertama harus kita lakukan adalah pengumpulan data. Setelah pengambilan data selesai peneliti membuat geometri sesuai dengan ukuran yang sebenarnya pada radiator.

kemudian memasukkan kondisi-kondisi batas dan beban-beban dinamis yang bekerja untuk analisa yang dilakukan. Kemudian prosen analisa dijalankan dan *software* akan memperlihatkan hasil analisa yang sedang berlangsung. Dari setiap analisa maka kita dapatkan hasil yang berbeda untuk kita bandingkan.

### 3.4. Proses penelitian



Gambar. 3.1. *Flowchart* metode penelitian

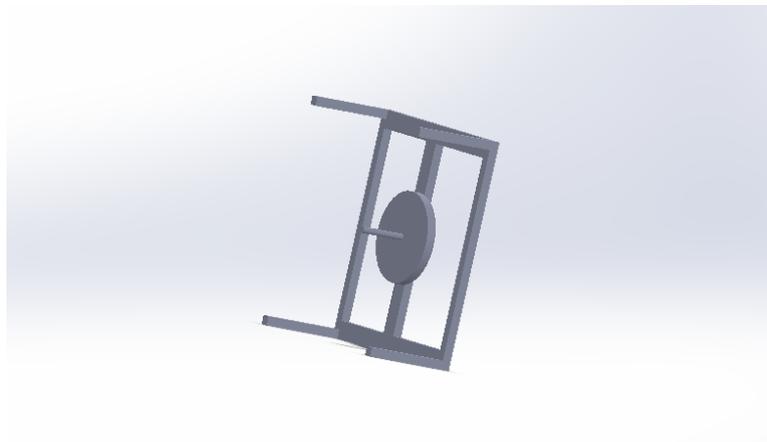
### 3.5. Uraian penelitian

#### 3.5.1. Langkah desain

Dalam langkah ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu ukuran dimensi suatu objek, setiap ukuran mempunyai hubungan pada saat proses perakitan dan desain sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian *flow simulation*.

##### 3.5.1.1 Desain kipas

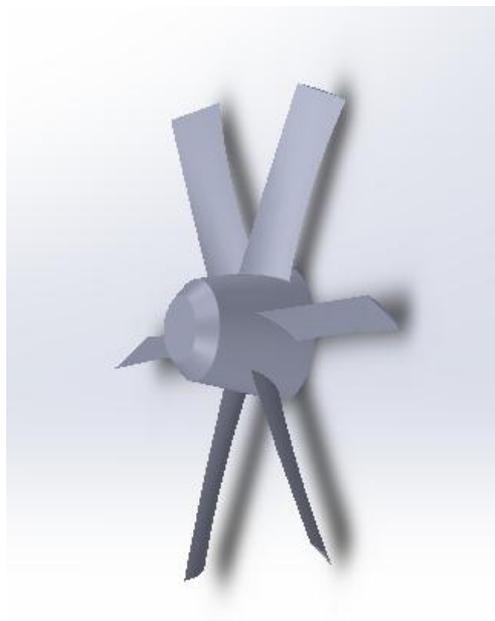
Kipas didesain tidak seperti bentuk aslinya karena dalam penelitian ini memiliki batas pemodelan agar mempermudah pengujian



Gambar. 3.2. Kipas

### 3.5.1.2 *Blade*

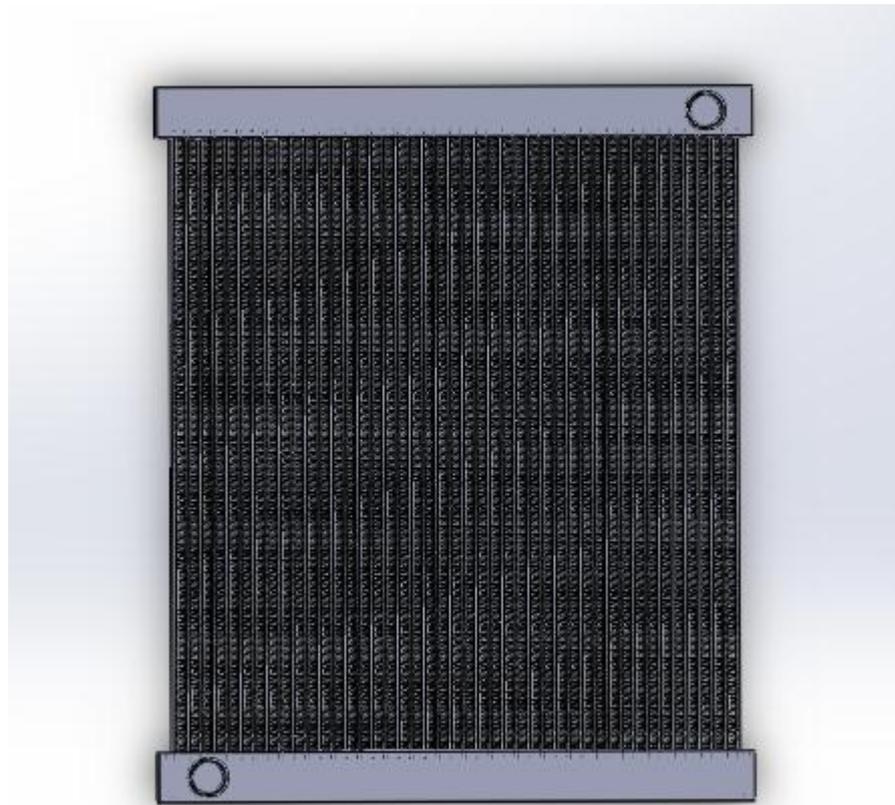
Blade digunakan untuk penghasil udara yang berputar. Blade ini memiliki 6 buah sudu, yang terbuat dari plastik yang berukuran diameter 480mm. seperti yang terlihat pada gambar



Gambar. 3.3. *Blade*

### 3.5.1.3 Radiator

Radiator dirancang dengan pipa yang lurus dan terdiri dari plat lebar sebagai media sumber dingin. radiator tidak didesai seperti bentuk aslinya agar mempermudah pengujian, radiator mempunyai ukuran 600mm x 40mm x 500mm

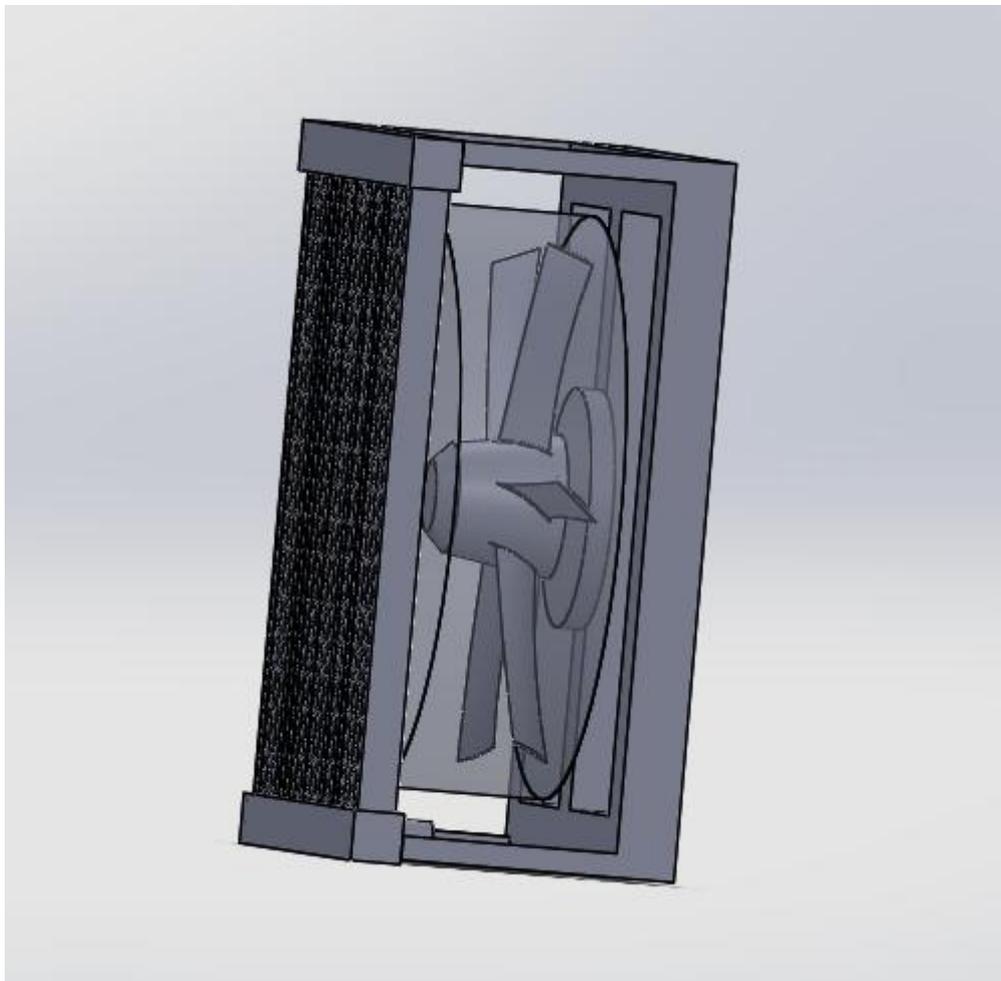


Gambar 3.4: Radiator

### 3.5.2 Perakitan (*Assembly*)

Setelah langkah desain bagian-bagian komponen selesai, maka selanjutnya adalah tahap perakitan (*assembly*). Perakitan ini bertujuan untuk merakit semua komponen menjadi satu sistem sehingga setiap komponen menjalankan fungsinya masing-masing. Untuk itu tahap perakitan ini mempunyai beberapa langkah diantaranya:

1. Langkah pertama yang kita lakukan adalah pemasangan blade dengan kipas, mode perakitan yang digunakan adalah *assembly* dan menggunakan *toolbar mates* dengan ini setiap komponen dapat disatukan
2. Langkah kedua dengan menggunakan *toolbar mates* maka dapat kita satukan kembali kipas dan blade yang sudah disatukan kemudian disatukan dengan radiator.



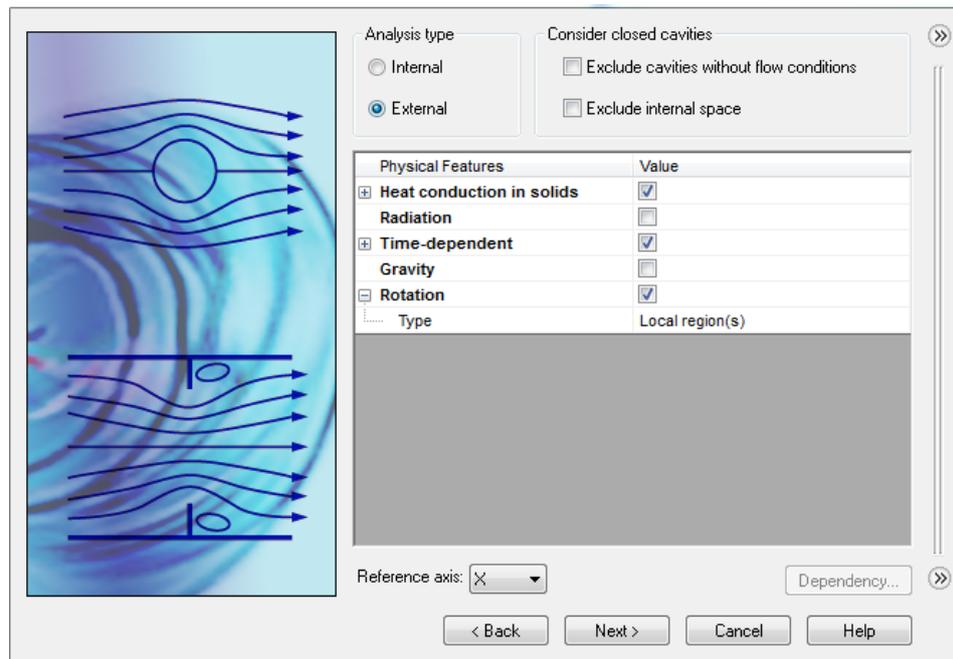
Gambar 3.5. *Assembly*

### 3.6 Proses Simulasi Aliran Fluida (*Flow Simulation*)

Dalam simulasi ini akan dijelaskan bagaimana cara menguji benda kerja yang sudah dibuat. Simulasi yang digunakan pada pengujian ini adalah *flow simulation*, pada pengujian ini digunakan untuk menguji aliran fluida yang ingin di analisa. Dalam analisa ini banyak hasil yang akan di dapat. Hal ini bertujuan apakah benda kerja yang sudah dibuat sesuai dengan spesifikasi yang di inginkan. Oleh karena itu pengujian di lakukan dengan harus memperhatikan setiap fungsi komponen-komponen yang sudah ditentukan. Didalam simulasi ada beberapa langkah diantara nya yaitu:

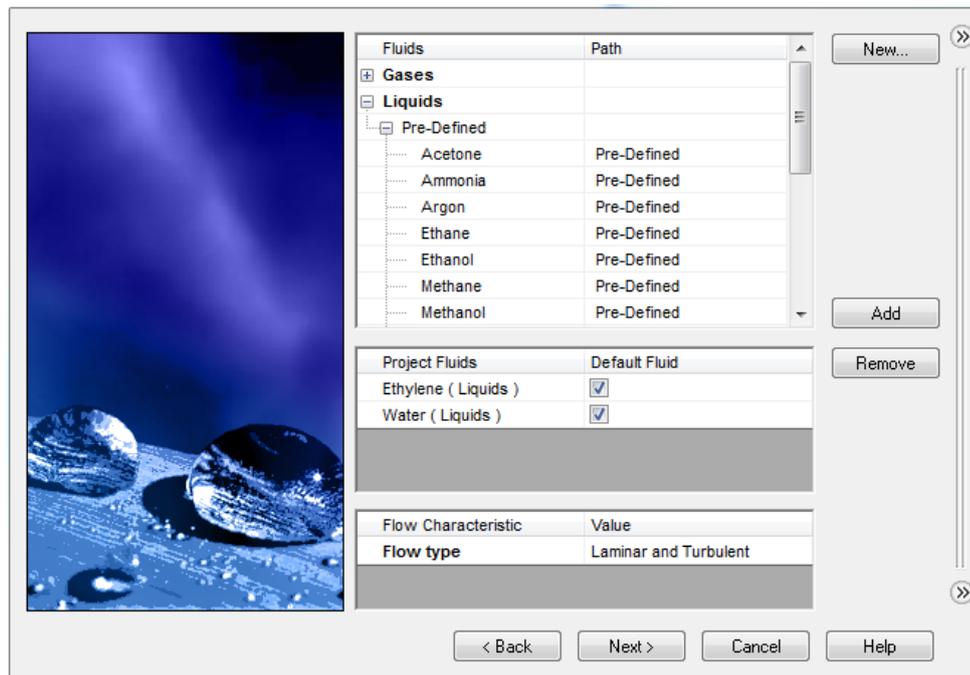
#### 3.6.1 Pengaturan Umum (*General Setting*)

Pada langkah awal untuk melakukan *flow simulation*. Penulis menyiapkan gambar kerja yang ingin di simulasi, setelah itu penulis memilih membuat *project* pada *flow simulation*, di dalam *project* penulis masuk ke *general setting* yang bertujuan untuk mengatur apa saja yang di siapkan. Penulis memilih *type analisis external*. Setelah itu penulis membutuhkan informasi waktu maka penulis memilih *time-dependent*. dalam simulasi di pasangkan sebuah kipas yang menghasilkan udara yang berputar oleh karena itu pilih *rotation*. Untuk mengetahui temperatur yang berkonduksi pada benda maka pilih *heat conduction in solid*. Seperti yang terlihat pada gambar.



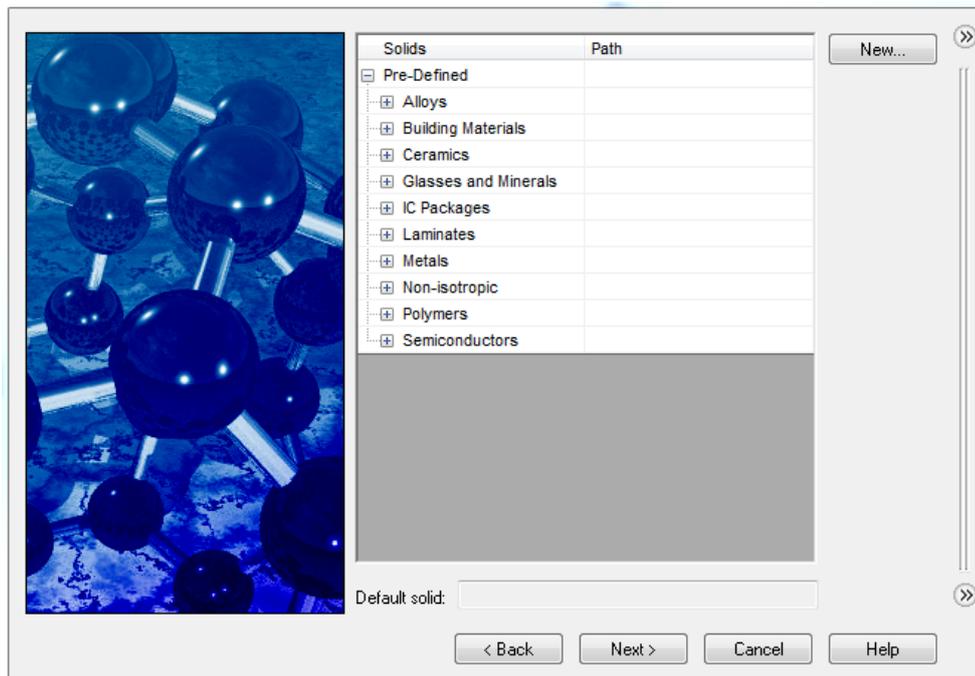
Gambar. 3.6. *General setting analysis type*

Setelah setting *analysis type* selesai selanjutnya setting *fluid*. Dalam mengatur *fluid* yang akan digunakan adalah *water* dan *ethelyne*. Seperti yang terlihat pada gambar.



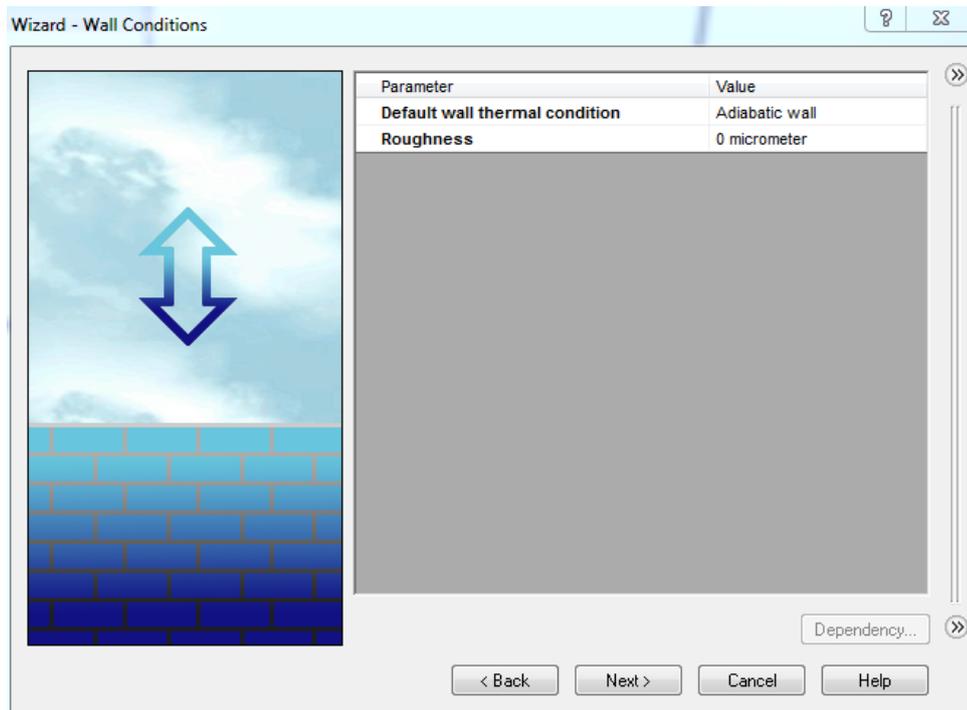
Gambar. 3.7. *General setting fluids*

Selanjutnya setting *solid* dalam pengaturan ini menentukan bahan *solid* yang ingin digunakan dalam analisis. Bahan yang digunakan dalam analisis adalah *metals*. Seperti yang terlihat pada gambar.



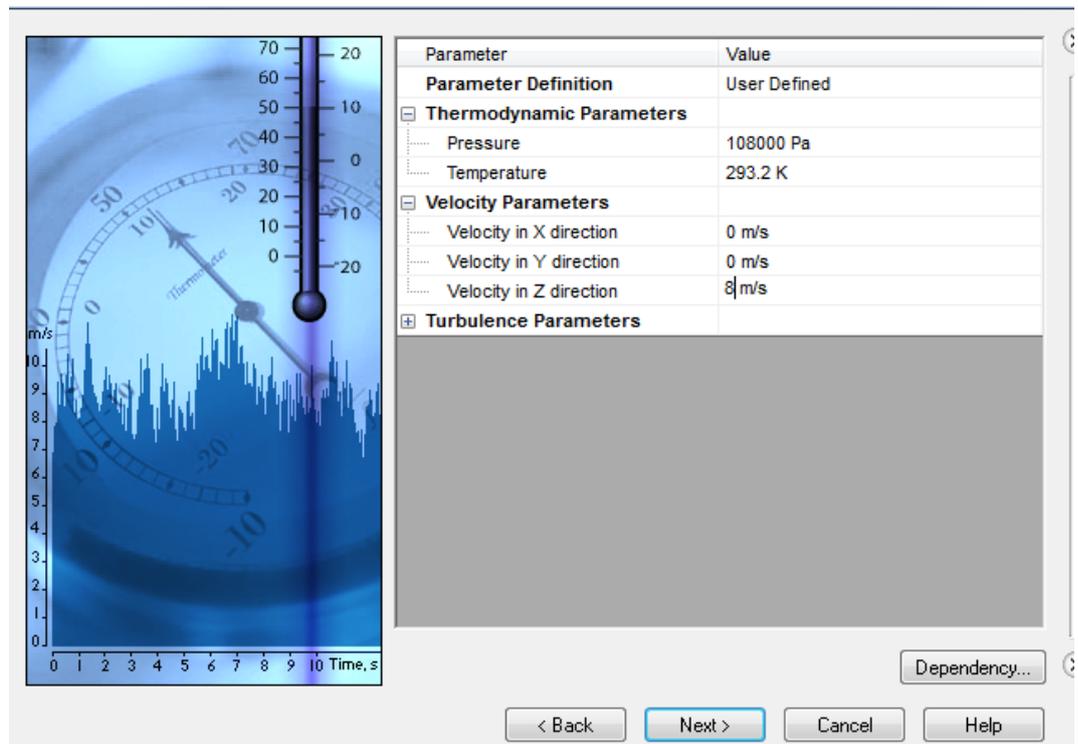
Gambar. 3.8. *General setting solid*

*Wall condition* adalah pemilihan dinding luar, sebagai bagian terluar yang terkena panas. Pada pemilihan *value* menggunakan *adiabatic wall*. Pemilihan proses adiabatik karena proses yang terjadi sedemikian rupa, sehingga tidak ada kalor yang masuk atau keluar. Proses ini dapat dilakukan baik dengan jalan membalut sistem dengan lapisan tebal bahan isolasi panas (misalnya, gabus, asbes, bata tahan api atau serbuk ringan berpori) ataupun dengan melakukan proses secara cepat, seperti proses yang terjadi pada dalam pengujian. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar. 3.9. *General setting wall conditions*

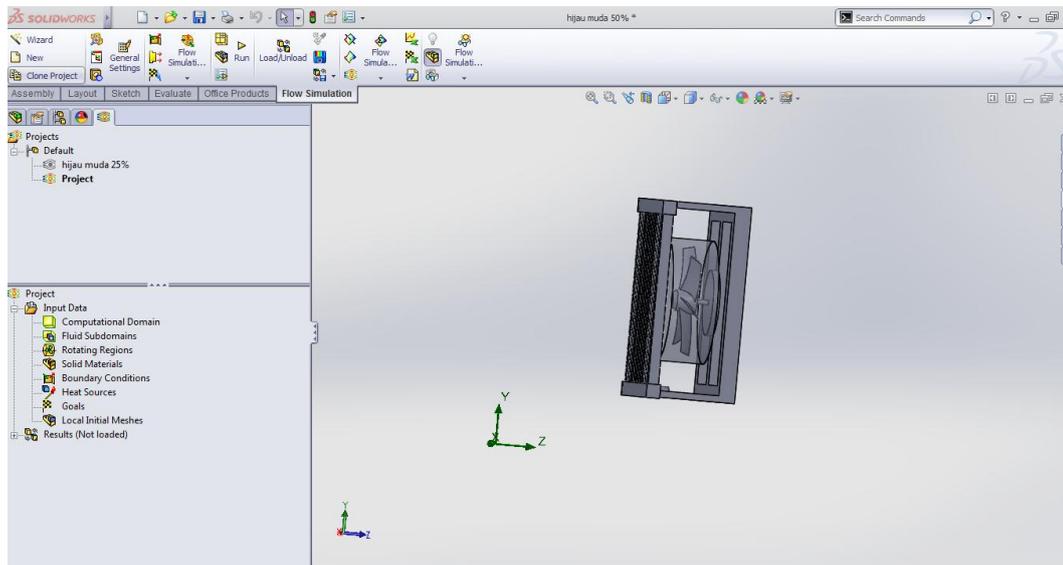
Tahap akhir pada *general setting* ini adalah mensetting *initial conditions*. Dalam *initial conditions* terdapat *thermodynamic parameters* dan *velocity parameters*. Pada *pressure* dan *temperature* mengikuti spesifikasi yang sudah ada. Pada *velocity parameters* tidak di isi spesifikasinya. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar.3.10. *General Setting Initial Conditions*

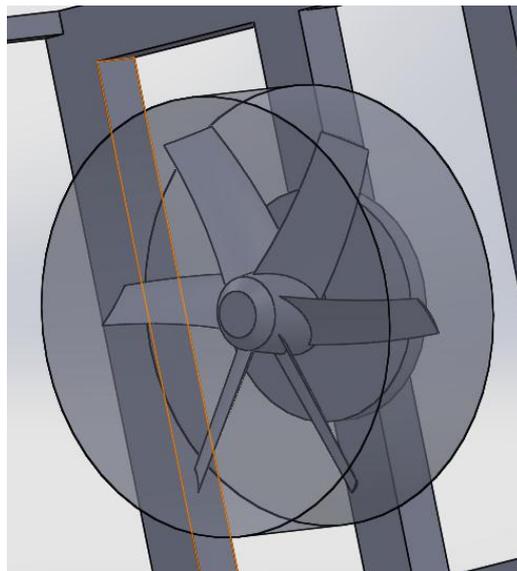
### 3.6.2 Menentukan Daerah Putar (*Rotating Region*)

Pada langkah ini setelah mensetting pada langkah awal langkah kedua ini adalah memasukan nilai untuk setiap fungsi dari komponennya. Seperti yang terlihat pada gambar.



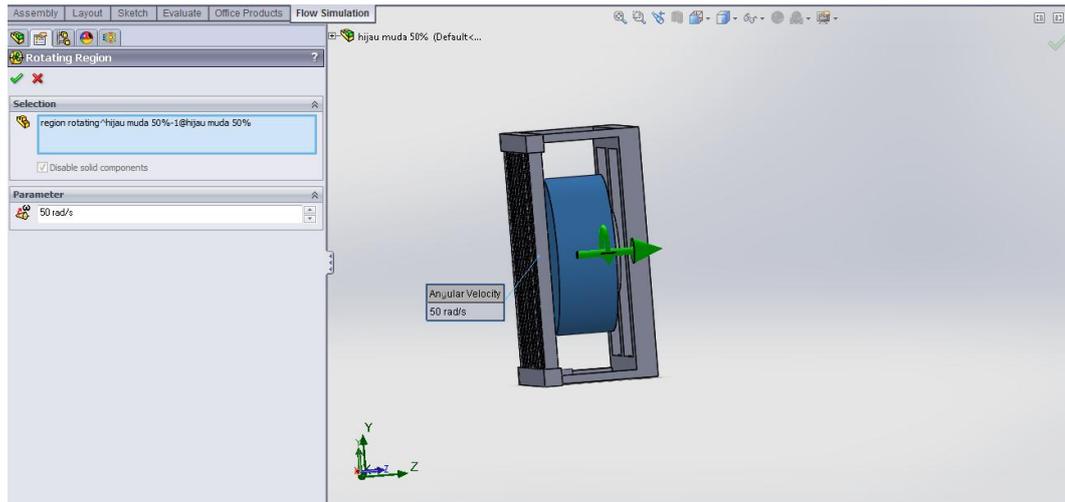
Gambar 3.11. persiapan pengujian

Komponen yang pertama diberi nilai adalah *rotating region*. *Rotating region* adalah daerah perputaran udara yang berputar, oleh karena itu penulis membuat daerah udara yang berputar dahulu dengan membuat komponen baru, dengan ukuran melebihi dari ukuran *blade*. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.12. part *rotating region*

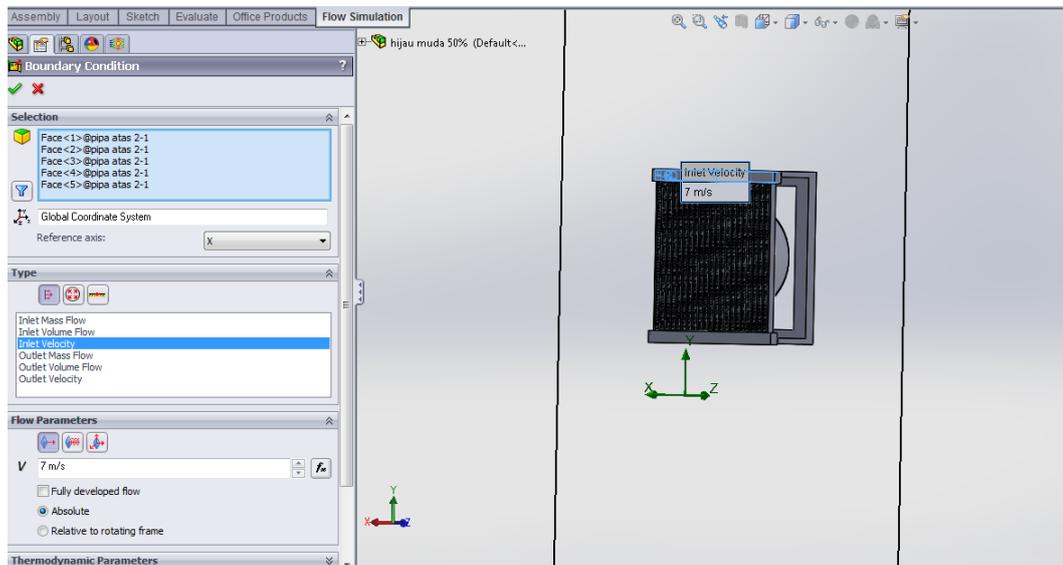
Komponen yang sudah jadi selanjutnya input nilai dari *rotating region* dengan nilai 50 rad/sec. nilai ini di dapat dari putaran mesin dengan kecepatan 1500 rpm. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.13. input nilai *rotating region*

### 3.6.3 Menentukan Kondisi Batas (*Boundary Conditions*)

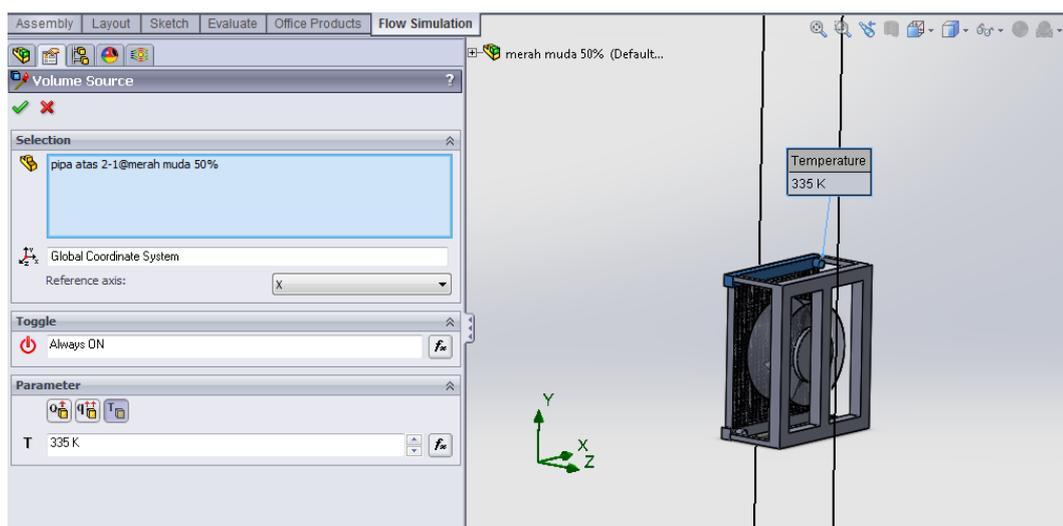
Kondisi batas (*Boundary Conditions*) adalah kondisi yang di beri nilai berapa kondisi benda uji yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengujian. berapa temperatur yang dibutuhkan agar temperatur inlet mencapai 333°k, disinilah fungsi dari *boundary conditions* menentukan batas fungsi benda.



Gambar 3.14. *boundary condition*

### 3.6.4 Menentukan Sumber panas (*Heat Sources*)

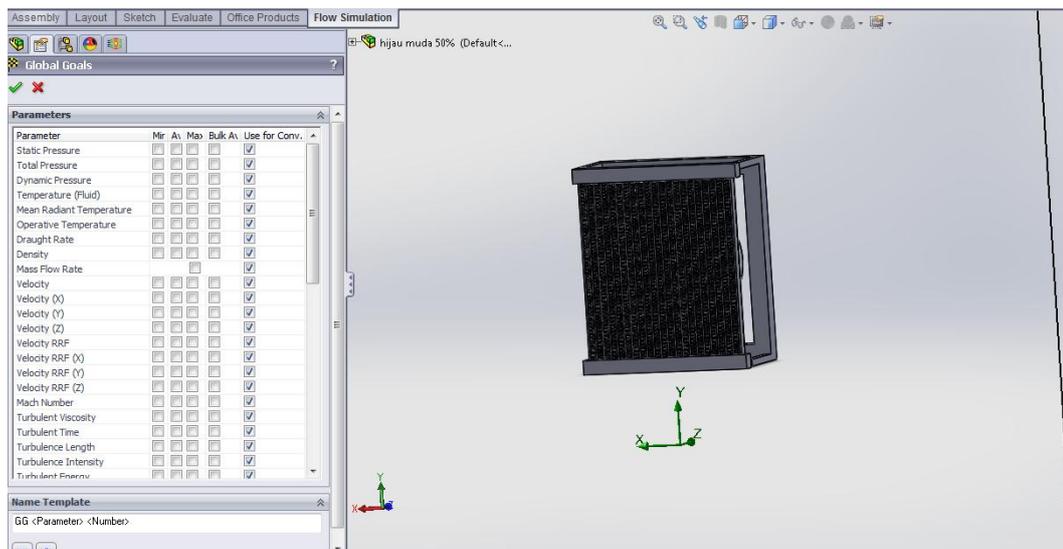
Pada langkah ini merupakan langkah pemberian beban panas pada benda uji. Pemberian beban panas diberikan pada radiator dengan beban 326°k, beban panas ini di dapat dari hasil pengukuran.



Gambar 3.15. *heat sources*

### 3.6.5 Menentukn Hasil Uji (*Goals*)

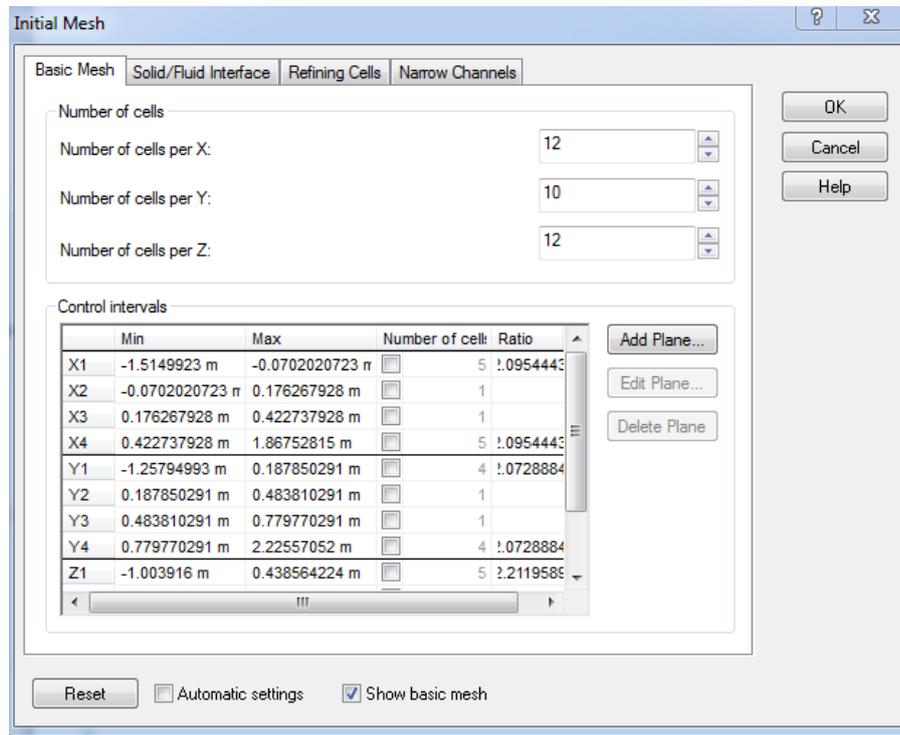
*Goals* merupakan cara untuk mendapatkan data yang di inginkan. Untuk mencari data berupa tabel dan angka terdapat pada *Goals* ini. Pada pengujian ini penulis mencari *goals temperature fluid, total pressure, velocity, dan temperature solid*. Seperti yang terlihat pada gambar.



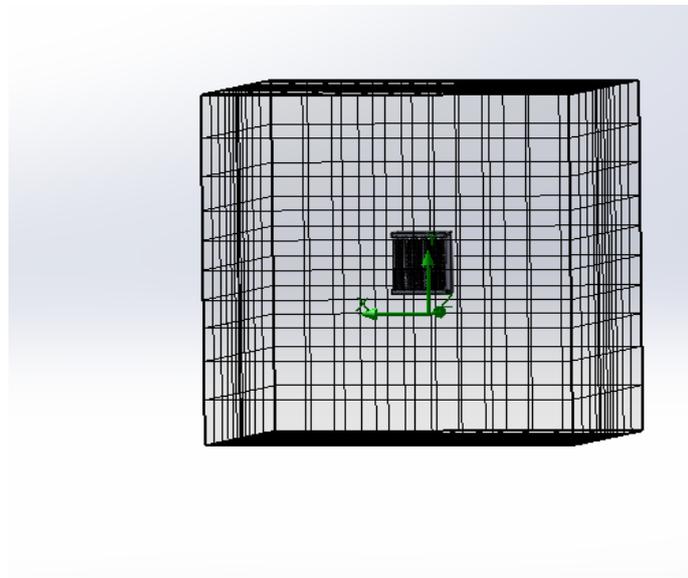
Gambar 3.16. *goals fluid temperatur*

### 3.6.6 Membuat *Intial Mesh* Pada Model

Dalam langkah ini merupakan langkah mengatur berapa mesh yang dibutuhkan, mesh ini merupakan mesh yang digunakan untuk bagian utama pada benda kerja atau bagian terbesar pada benda kerja.



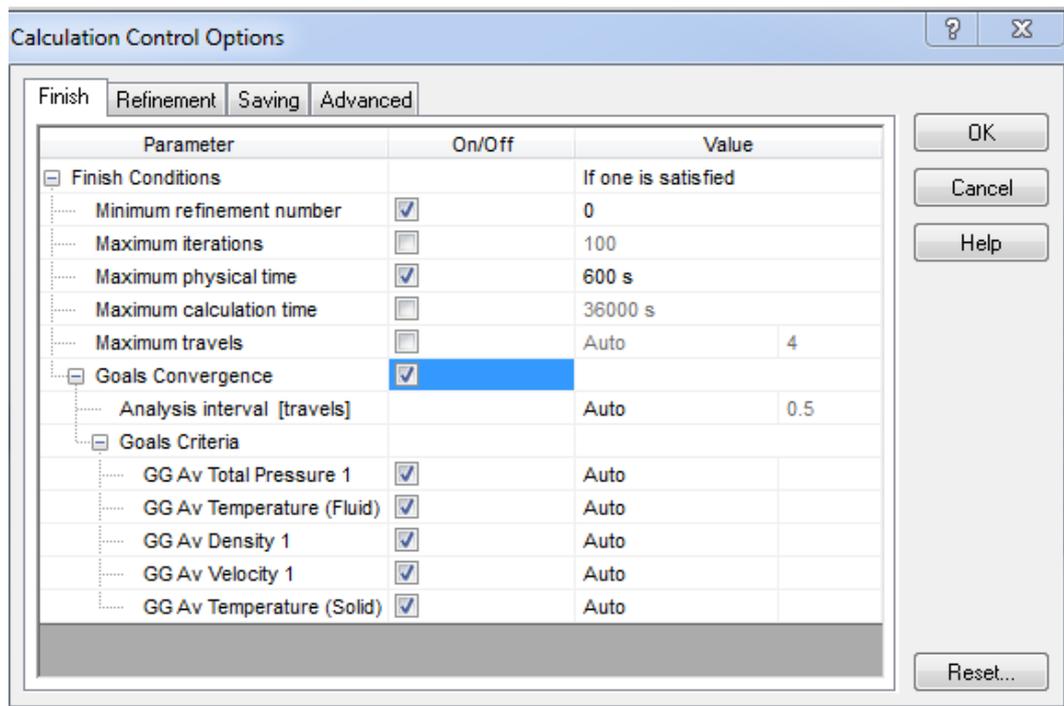
Gambar 3.17. setting initial mesh



Gambar 3.18. hasil initial mesh

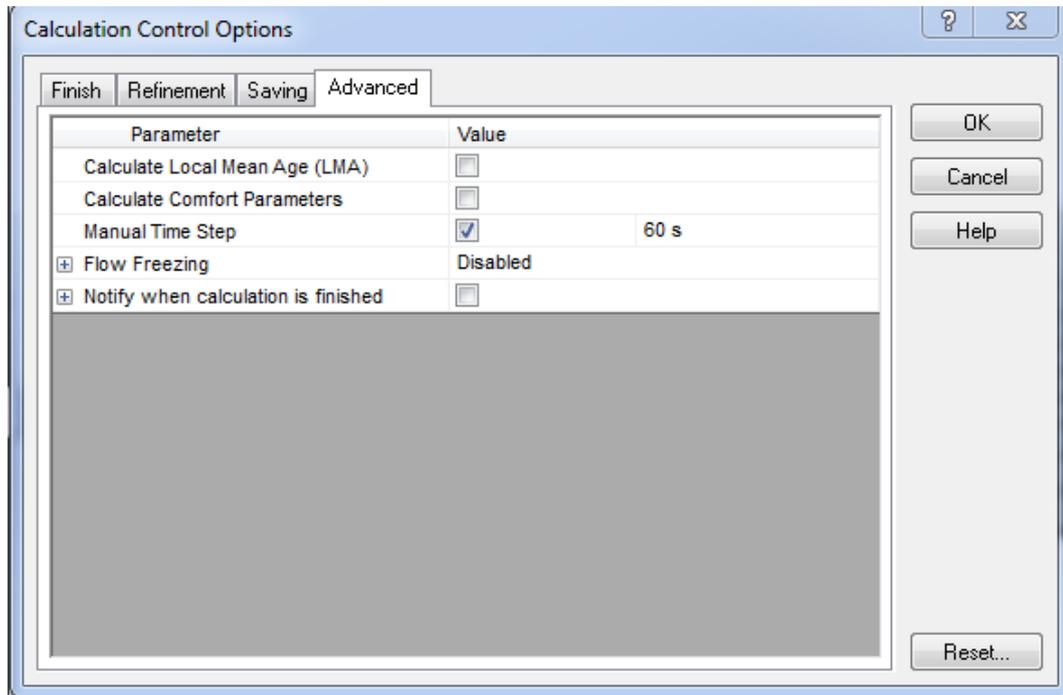
### 3.6.7 Menentukan Kontrol Perhitungan (*Calculation Control Option*)

Langkah ini merupakan langkah untuk mengatur kontrol perhitungan yang ingin digunakan. Pada langkah ini bisa mengatur waktu dan interaksi yang diinginkan penguji. Ada beberapa yang di tetapkan pada pengujian. Pertama menetapkan jumlah waktu yang di tentukan dalam jumlah detik. Pengujian ini membutuhkan waktu 10 menit dalam detik menjadi 600 detik. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.19. *calculation control option*

Kedua mengatur waktu untuk setiap step nya untuk pengujian dari total waktu 600s setiap stepnya 60s sama dengan 1 menit dalam pengujian, hal ini bertujuan untuk meringkas waktu dalam pengujian. Setelah itu pengujian siap dilaksanakan. Seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 3.20. Calculation Control Option Manual Time Step

### 3.7 Analisis Data

Setelah data-data yang dibutuhkan telah terkumpul maka proses selanjutnya adalah menganalisa data yang telah di dapat. Analisis ini ada beberapa metode yang digunakan yaitu :

#### 3.7.1 Metode Analisis Profil

Analisis data dilakukan sebagai studi kelayakan untuk melihat benda yang dibuat sesuai atau tidak dengan *software* simulasi fluida berbasis elemen hingga dengan alat bantu *solidworks*.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Deskripsi Data Penelitian.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi fluida berbasis elemen hingga pada radiator. *Coolant* yang digunakan ada tiga macam yaitu *coolant* merah muda, *coolant* hijau muda, dan *coolant* hijau tua dengan campuran *aquades* dan konsentrasi yang berbeda setiap campuran yaitu 75%, 50%, dan 25%. Dari setiap pengujian *coolan* telah diperoleh data sebagai berikut:

Tabel. 4.1. Hasil pengujian

TIPE <i>COOLANT</i>	KOSENTRASI (%)	INLET (K)	OUTLET (K)
Merah muda	75	341	322
	50	335	321
	25	334	316
Hijau muda	75	329	321
	50	330	325
	25	333	326
Hijau tua	75	337	320
	50	330	314
	25	334	328

#### 4.2 Hasil Penelitian Menggunakan *Software* Simulasi fluida berbasis elemen hingga

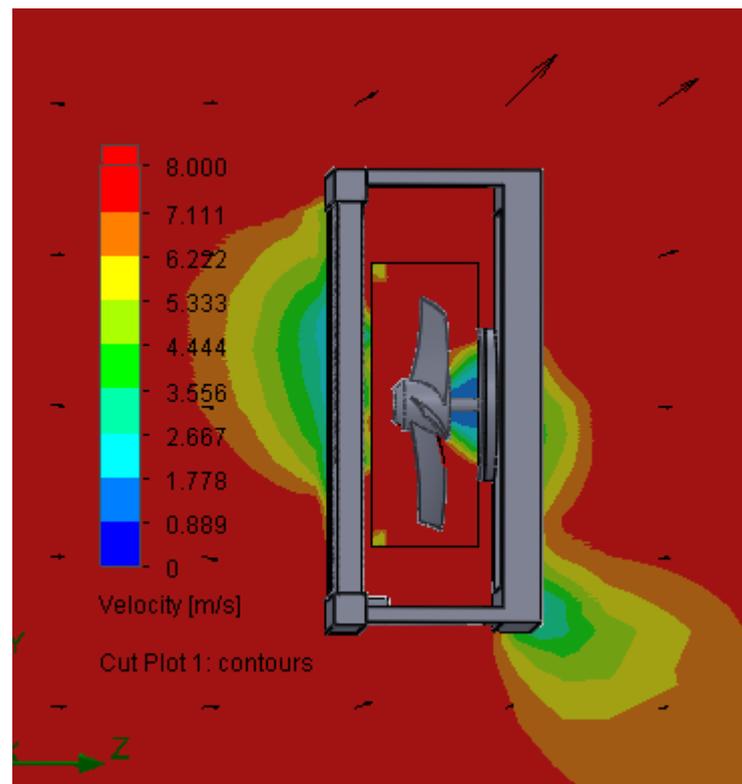
Pengujian menggunakan *software* simulasi fluida berbasis elemen hingga di dapat melalui desain model benda seperti sebenarnya setelah di uji dengan menggunakan simulasi pengujian. Dalam simulasi pengujian bentuk desain radiator harus mirip dengan sebenarnya agar mendapatkan hasil yang optimum, dan pengujian ini dilakukan dengan konsentrasi radiator *coolant* 75%, 50%, 25%. Begitu pula dengan waktu pada simulasi tersebut waktu di atur 10 menit di masukan dalam detik menjadi 600 detik, dengan pengambilan hasil pengujian dilakukan dalam waktu 1 menit dalam detik menjadi 60 detik setiap hasil pengujian dapat di lihat hasil pengujiannya. Model yang dibuat terdapat tiga model yang berbeda diantaranya:

- A. Model 1, dengan menggunakan campuran radiator *coolant* merah muda dan *aquades*.
- B. Model 2, dengan menggunakan campuran radiator *coolant* hijau muda dan *aquades*.
- C. Model 3, dengan menggunakan campuran radiator *coolant* hijau tua dan *aquades*.

#### 4.2.1 Pengujian dengan Model 1

##### 4.2.1.1 Pembacaan hasil pengujian menggunakan potongan (*cut plot*)

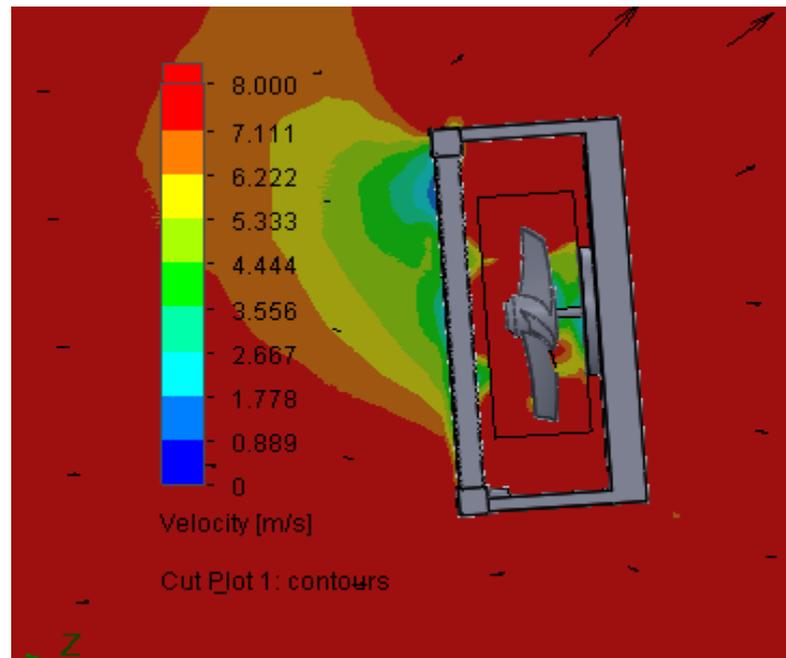
Pada model ini fluida yang digunakan dengan campuran 75%, 50%, 25% radiator *coolant* merah muda dan *aquades*. Pada pengujian simulasi dapat dibaca melalui *cut plot*. *Cut plot* adalah hasil uji berupa potongan dari sebuah objek uji. *Cut plot* dalam hasil uji ini dapat melihat pada bagian potongan yang ingin dilihat berapa temperatur pada potongan yang diinginkan. Pada hasil ini kita dapat melihat velocity saat pengujian simulasi masing masing konsentrasi campuran.



Gambar 4.1. *Cut plot* radiator *coolant* merah muda 75% dan *aquades* 25%

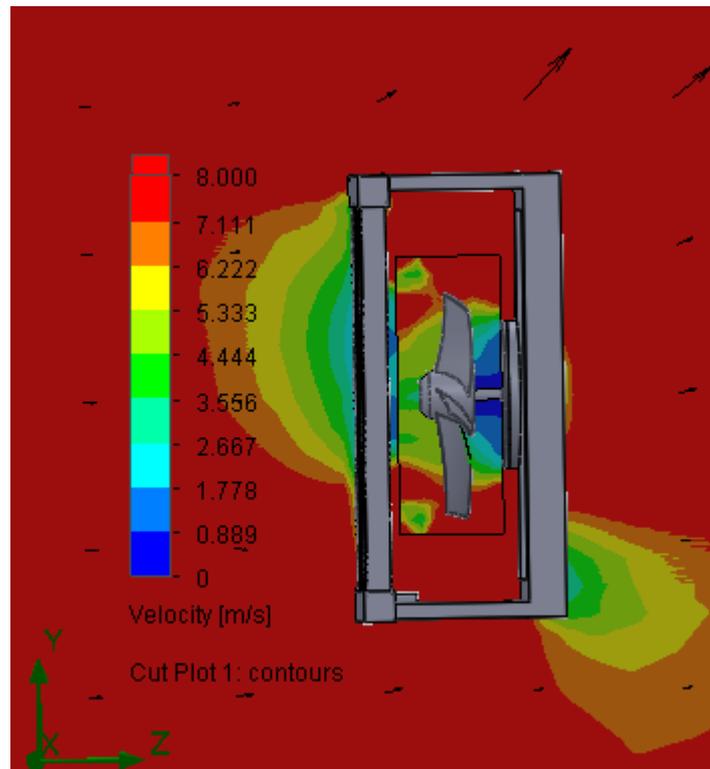
Pada gambar 4.1 dengan mengimput data *rotating region* 50 rad/s pada kipas radiator maka dapat kita lihat hasilnya pada bagian yang warna merah (*red*)

merupakan velocity yang tertinggi yaitu 8 m/s. Dan dapat kita lihat yang berwarna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*), biru muda (*tosca*), dan biru (*blue*) merupakan perubahan velocity yang terjadi.



Gambar 4.2. *Cut plot* radiator *coolant* merah muda 50% dan *aquades* 50%

Pada gambar 4.2 bisa kita lihat velocity yang terjadi dengan *rotating region* 50 rad/s pada kipas radiator. Terjadinya perubahan warna tersebut merupakan adanya penurunan velocity sebelum melewati radiator karena terhalangnya oleh sirip dan pipa radiator.

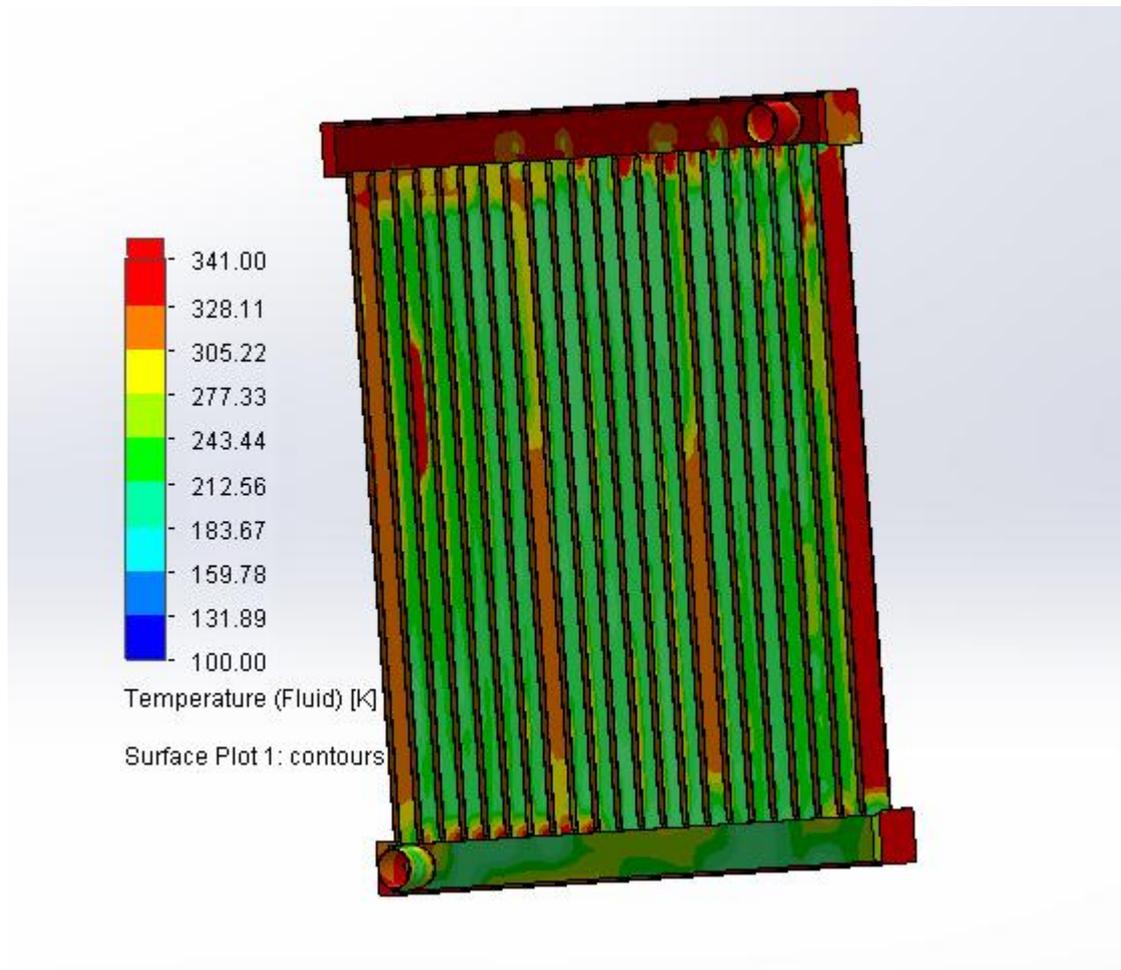


Gambar 4.3: *cut plot* radiator *coolant* merah muda 25% dan *aquades* 75%

Pada gambar 4.3. dapat kita lihat perubahan warna yang terjadi pada bagian depan radiator, sekeliling kipas dan bagian bawah belakang radiator hal tersebut terjadi karena adanya penurunan velocity.

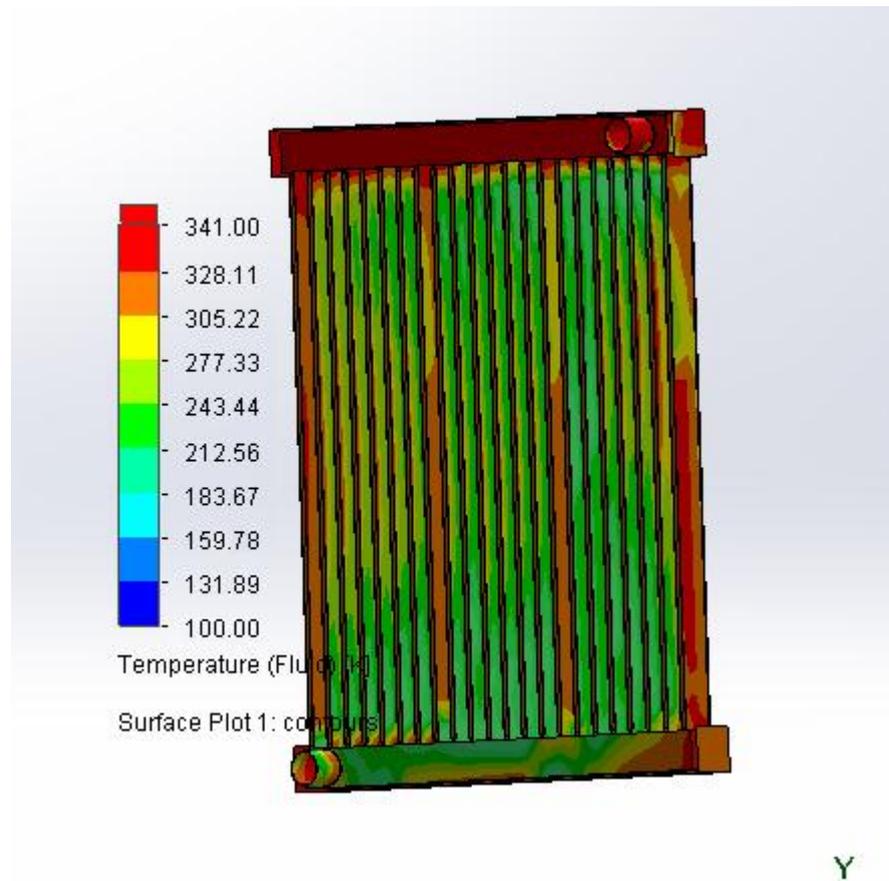
#### 4.2.1.2 Hasil Pengujian Permukaan Volume (*surfaces*)

*Surfaces* adalah hasil uji yang dapat menunjukkan nilai dalam sebuah volume ruangan yang dapat dihitung persetiap satuan yang di inginkan. Dalam hasil uji dapat diketahui temperatur pada pipa radiator.



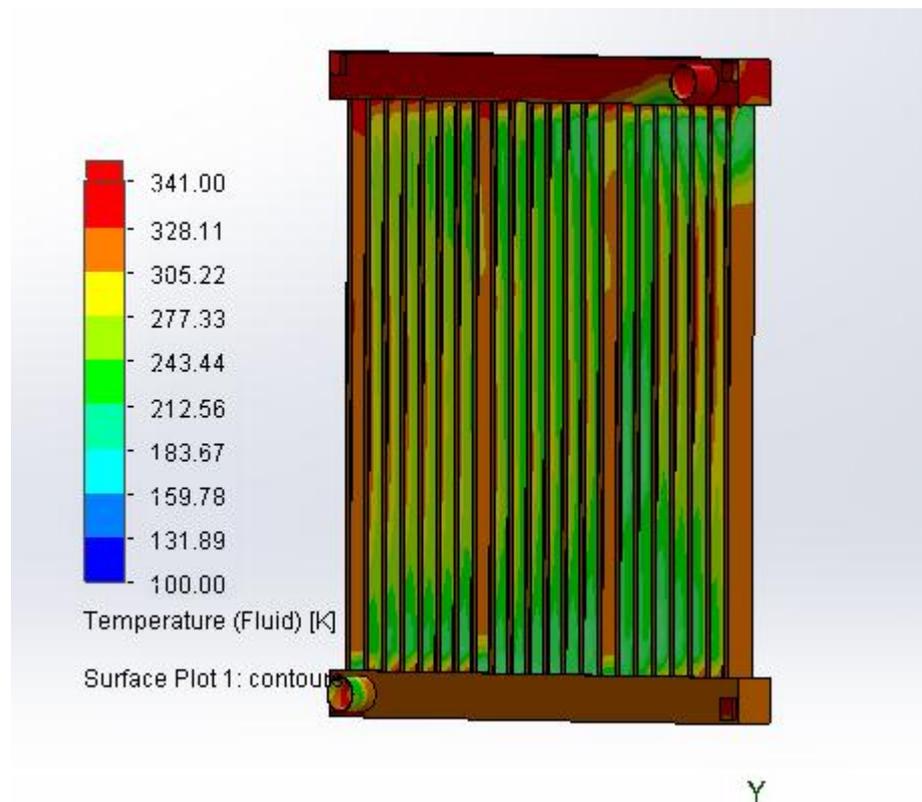
Gambar 4.4. *Surfaces* 75% radiator *coolant* merah muda dan *aquades* 25%

Dapat dilihat pada gambar 4.4 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k, velocity fluida 7 m/s. di dalam gambar tersebut bisa kita lihat pada pipa-pipa radiator berwarna kuning (*yellow*) dan merah (*red*) dengan nilai temperatur 305,24°k sampai 341°k dan bagian merah dipipa aliran radiator merupakan bagian yang kurang proses pendinginan. Dan pada inlet berwarna merah (*red*) yaitu 341°k dan outlet warna kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) yaitu dengan temperatur 205,22°k – 341 °k



Gambar 4.5. *Surfaces* radiator *coolant* merah muda 50% dan *aquades* 50%

Dapat dilihat pada gambar 4.5 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k, velocity fluida 7 m/s. di dalam gambar tersebut bisa kita lihat pada pipa-pipa radiator berwarna kuning (*yellow*) dan merah (*red*) dengan nilai temperatur 305,24°k sampai 341°k dan bagian merah (*red*) pada bagian pipa aliran radiator merupakan yang kurang terjadinya proses pendinginan. Dan pada inlet berwarna merah (*red*) yaitu 341°k dan outlet warna kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) yaitu dengan temperatur 205,22°k – 341 °k



Gambar 4.6. *Surfaces radiator coolant merah muda 25% dan aquades 75%*

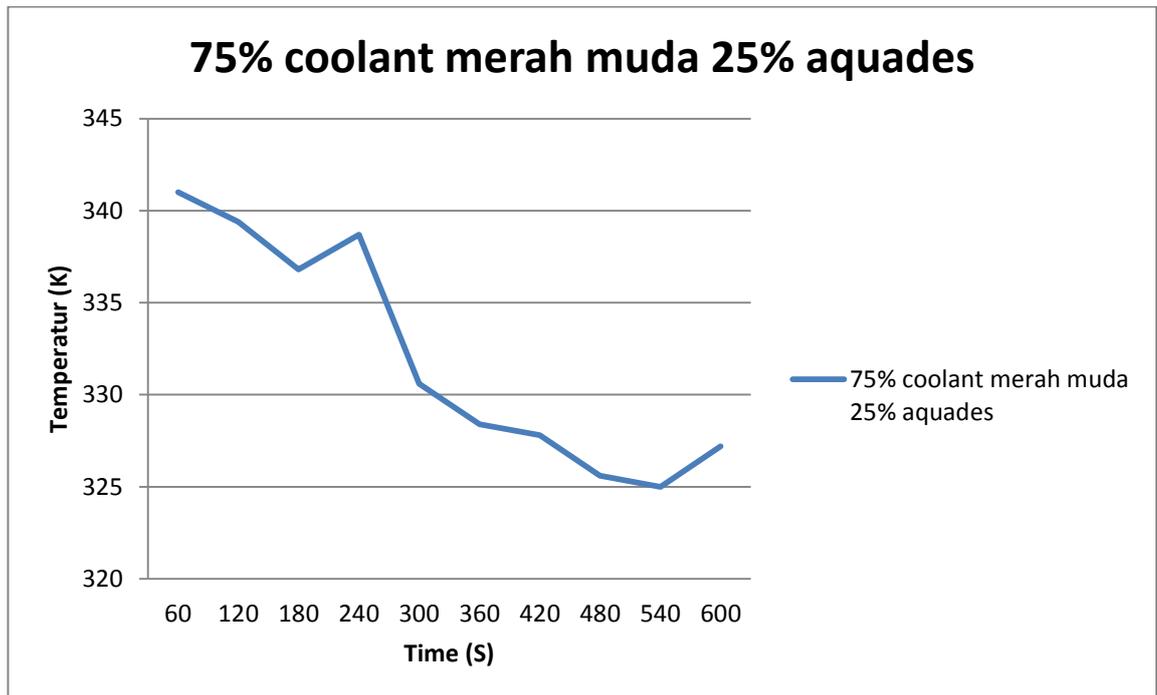
Dapat dilihat pada gambar 4.6 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k, velocity fluida 7 m/s. di dalam gambar tersebut bisa kita lihat pada pipa-pipa radiator berwarna kuning (*yellow*), merah (*red*), hijau (*green*), dan jingga (*orange*) dengan nilai temperatur 243,44°k sampai 341°k. Dan pada inlet berwarna merah (*red*) yaitu 341°k dan outlet warna kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) dengan nilai temperatur 305°k sampai 341°k.

#### 4.2.1.3 Hasil Pengujian (Goals Plots)

*Goals Plot* adalah hasil final dalam sebuah pengujian yang berupa data berbentuk tabel dan grafik. Dalam hasil pengujian radiatorakan di dapat data-data berupa *temperature fluid*, untuk waktu 600 *sec*.

Tabel 4.2. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* merah muda 75% dan *aquades* 25%

Time (s)	<i>Fluid Temperature</i> (k)
60	341
120	339,4
180	336,8
240	338,7
300	330,6
360	328,4
420	327,8
480	325,6
540	325
600	327,2

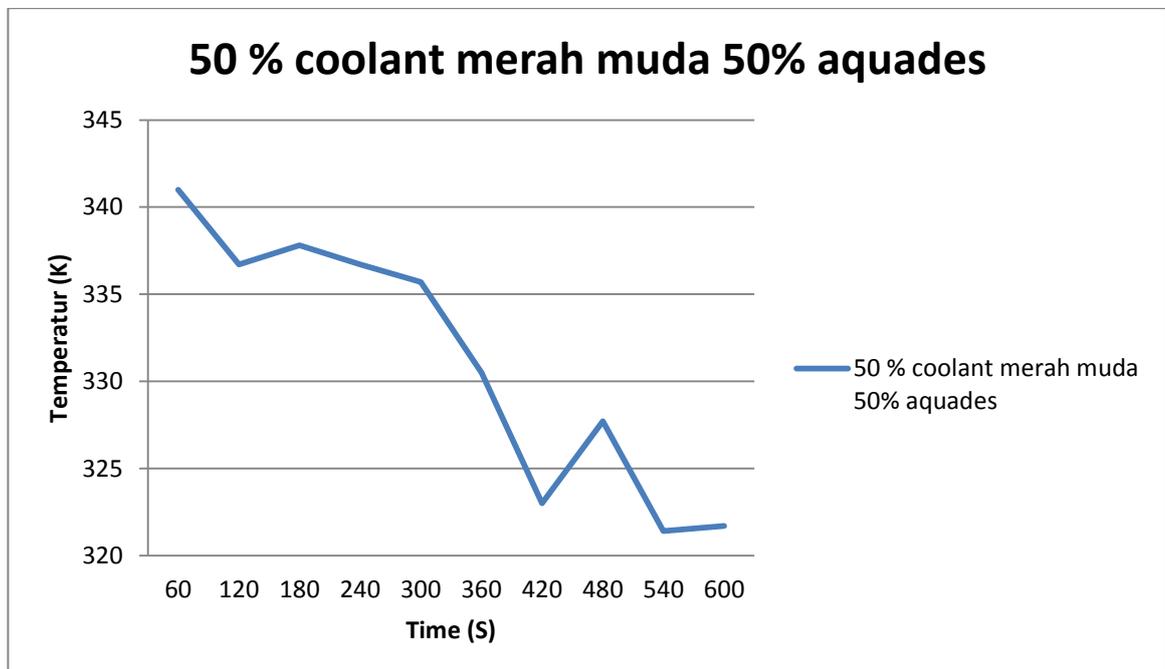


Gambar 4.7. Grafik hasil pengujian 75% *coolant* merah muda dan 25% *aquades*

Dari grafik diatas menunjukkan naik turunnya temperatur dari 341°k kemudian turun 336,8°k pada detik 180, mengalami kenaikan temperatur 338,7°k pada detik 240 karena kurangnya pendinginan terhadap pipa-pipa radiator yang kurang terjangkau oleh kipas radiator akan tetapi mengalami terus mengalami penurunan sampai pada detik 540 menjadi 325°k, posisi tertinggi berada pada detik 60 yang merupakan sumber panas pengujian yaitu 341°k dan yang terendah pada detik 540 yaitu 325°k.

Tabel 4.3. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* merah muda  
50% dan *aquades* 50%

Time (s)	Fluid Temperature (k)
60	341
120	336,7
180	337,8
240	336,7
300	335,7
360	320,5
420	323
480	327,7
540	321,4
600	321,7

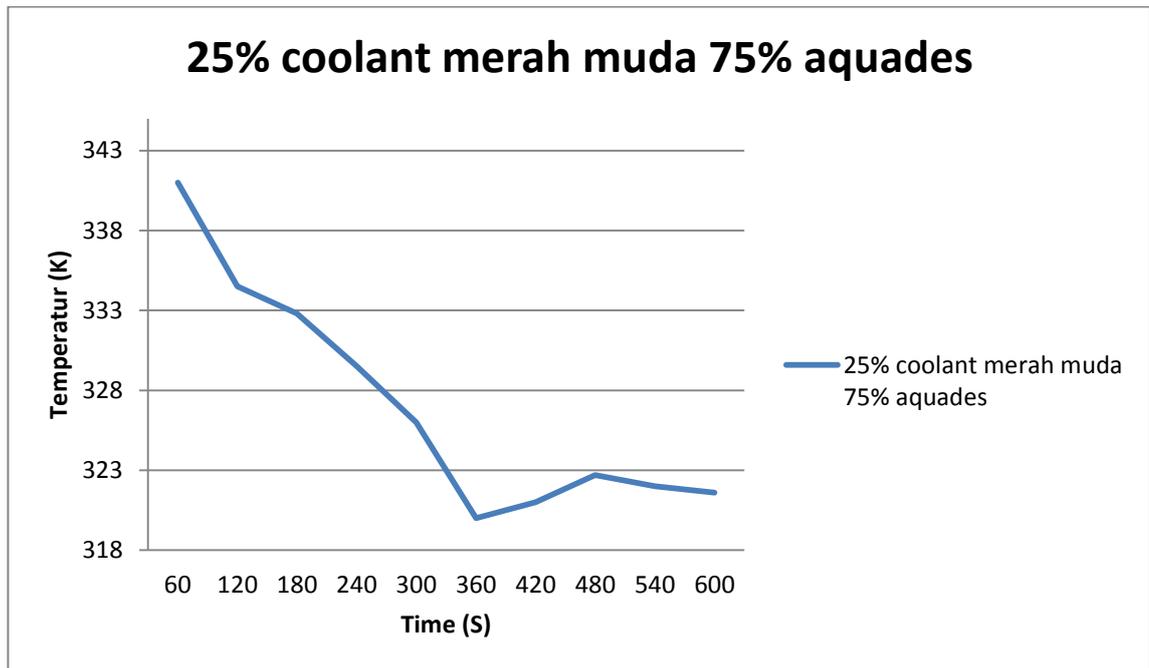


Gambar 4.8. Grafik hasil pengujian 50% *coolant* merah muda dan 50% *aquades*

Dari grafik diatas menunjukkan temperatur awal dari 341°k kemudian temperatur turun hingga temperatur 323°k pada detik 420, naik kembali 327,7°k pada detik 420 karena adanya perubahan temperatur yang disebabkan kurangnya proses pendinginan pada kipas radiator yang kurang terjangkau. Temperatur yang terendah adalah 321,4°k pada detik 540, dan temperatur akhir pengujian pada detik ke 600 adalah 321,7°k.

Tabel 4.4. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* merah muda 25% dan *aquades* 75%

Time (s)	<i>Fluid Temperature (k)</i>
60	341
120	334,5
180	332,8
240	329,5
300	326
360	320
420	321
480	322,7
540	322
600	321,5



Gambar 4.9. Grafik hasil pengujian 25% *coolant* merah muda dan 75% *aquades*

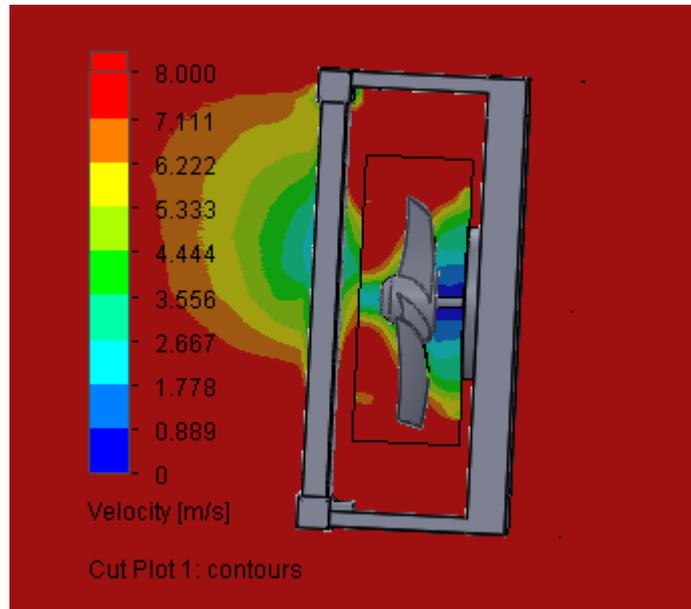
Dari grafik diatas menunjukkan temperatur awal dari 341°k, kemudian penurunan yang terjadi hingga 320°k pada detik 360 dan merupakan temperatur terendah, naik kembali 322,7°k pada detik 480, kemudian terus turun hingga akhir pengujian pada detik 600 dengan temperatur 321,6°k.

#### 4.2.2. Pengujian model 2

##### 4.2.2.1. Pembacaan hasil pengujian menggunakan potongan (*cut plot*)

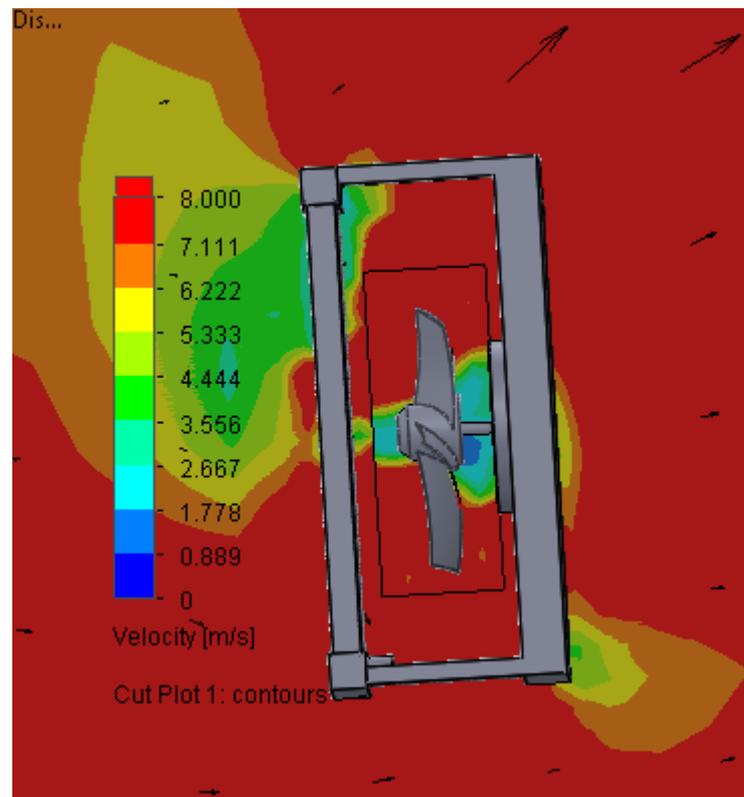
Pada model ini fluida yang digunakan dengan campuran 75%, 50%, 25% radiator *coolant* hijau muda dan *aquades*. Pada pengujian simulasi dapat dibaca melalui *cut plot*. *Cut plot* adalah hasil uji berupa potongan dari sebuah objek uji. *Cut plot* dalam hasil uji ini dapat melihat pada bagian potongan yang ingin dilihat

berapa temperatur pada potongan yang diinginkan. Pada hasil ini kita dapat melihat velocity saat pengujian simulasi masing masing konsentrasi campuran.



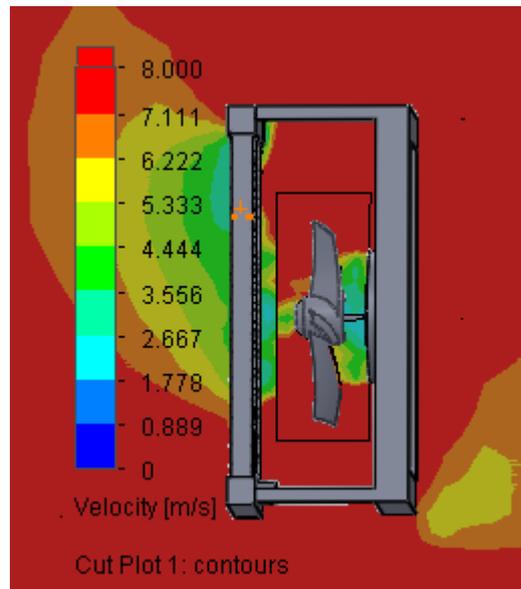
Gambar 4.10. *cut plot* radiator coolant hijau muda 75% dan aquades 25%

Pada gambar 4.10 dengan *rotating region 50 rad/s* pada dipas radiator bisa kita liat velocity yang terjadi disekeliling radiator berwarna merah (*red*) yaitu 8m/s pada bagian yang berwarna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*), biru muda (*tosca*), berada didepan radiator dan dibawah kipas.



Gambar 4.11. *cut plot* radiator *coolant* hijau muda 50% dan *aquades* 50%

Pada gambar 4.11 bisa kita lihat velocity yang ada dengan *rotating region* rad/s dengan hasilnya berwarna merah (*red*) memiliki nilai 8 m/s dan berwarna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*), biru muda (*tosca*).

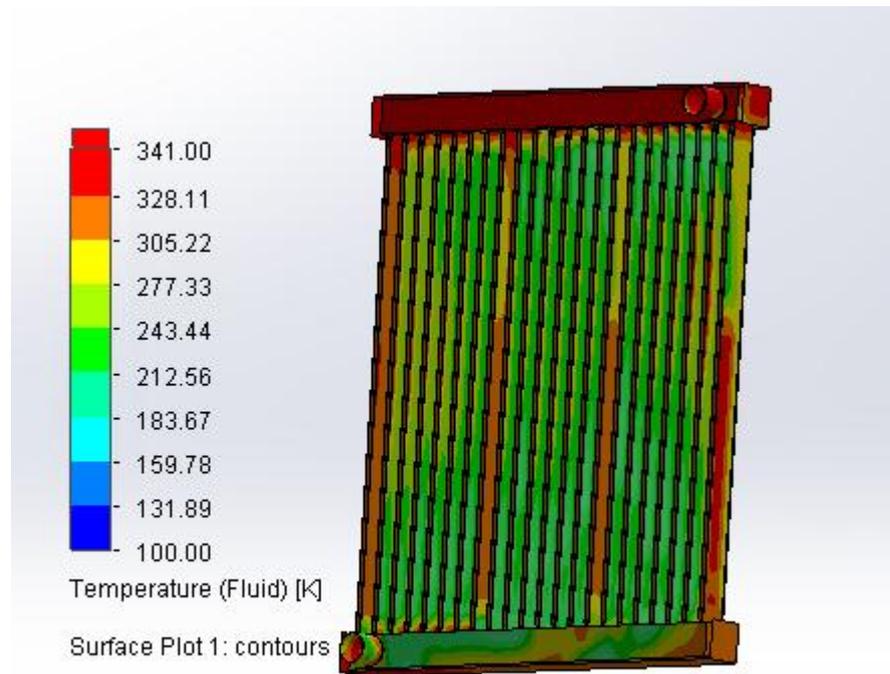


Gambar 4.12. *cut plot* radiator coolant hijau muda 25% dan aquades 75%

Pada gambar 4.12 dapat kita lihat dengan *rotating region* 50 rad/s, dari depan radiator bisa kita lihat perubahan warna dari merah (*red*) yaitu 8 m/s dan terjadiperubahan warna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*), biru muda (*tosca*) yang memiliki nilai velocity 1,7 m/s sampai dengan 7 m/s.

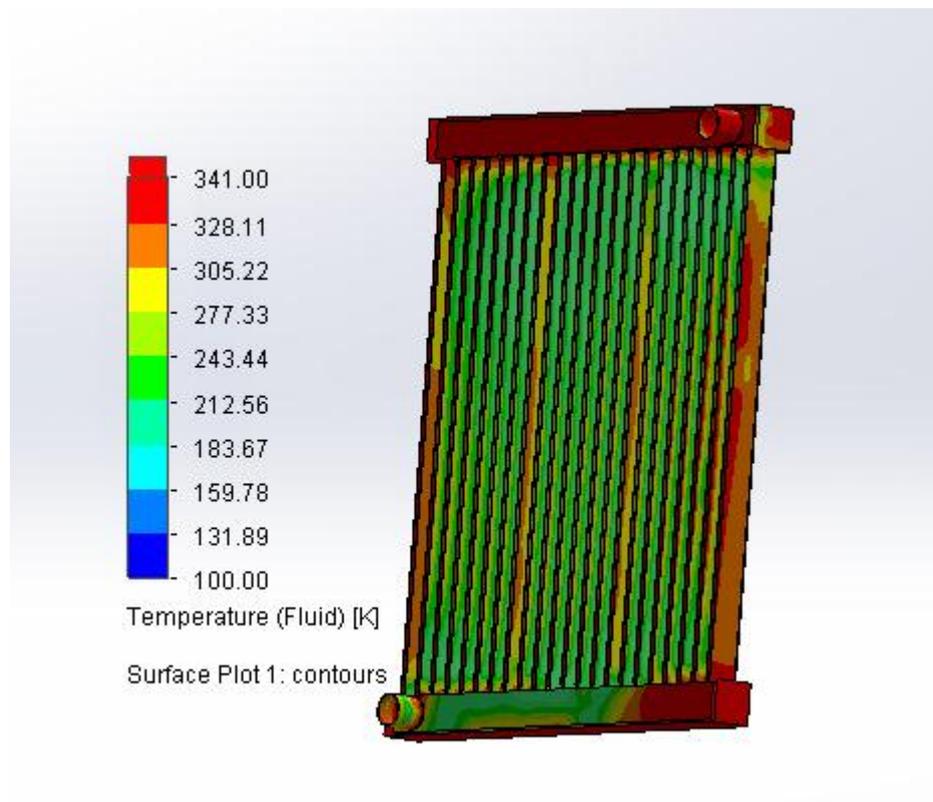
#### 4.2.2.2 Hasil Pengujian Permukaan Volume (*Surfaces*)

*Surfaces* adalah hasil uji yang dapat menunjukkan nilai dalam sebuah volume ruangan yang dapat dihitung persetiap satuan yang di inginkan. Dalam hasil uji dapat diketahui temperatur pada pipa radiator.



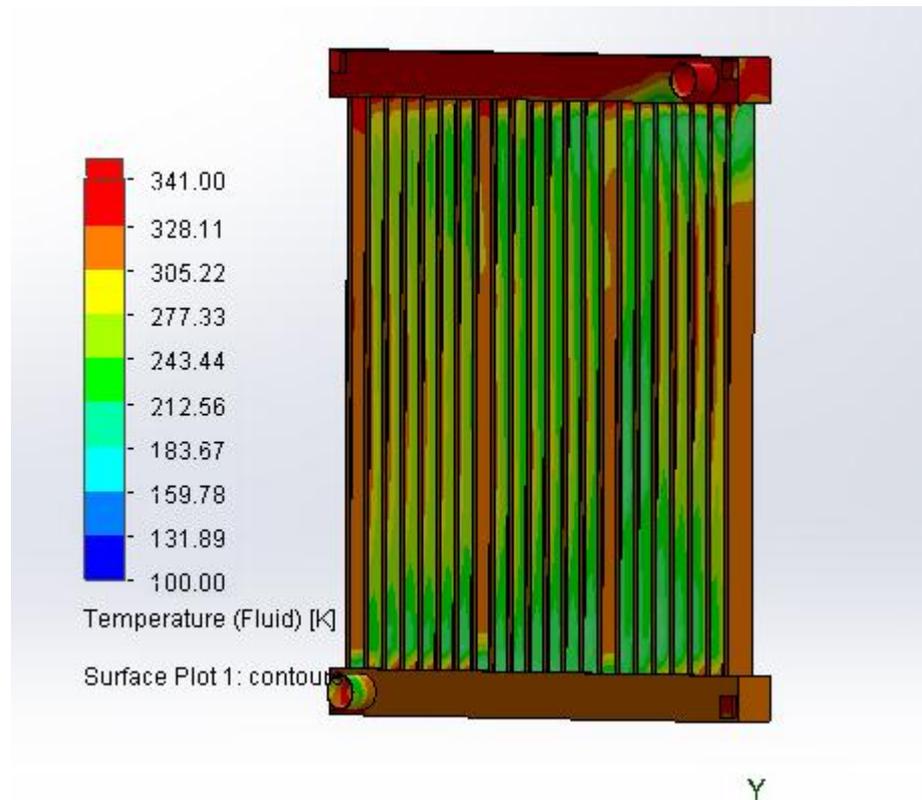
Gambar 4.13 *surfaces* radiator *coolant* hijau muda 75% dan *aquades* 25%

Dapat dilihat pada gambar 4.13 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k velocity fluida 7 m/s. Di dalam gambar tersebut bisa kita lihat pada pipa inlet berwarna merah (*red*) yaitu 341°k dan pada pipa-pipa radiator terjadinya penurunan temperatur yang diwakili dengan warna kuning (*yellow*), hijau (*green*), dan jingga (*orange*) pada simulasi dengan nilai temperatur 243,44°k sampai 328,11°k dan warna merah (*red*) pada pipa bagian pinggir radiator karna kurang terjangkau oleh kipas radiator. Dan pada bagian outlet terdapat warna hijau (*green*), kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) dengan nilai temperatur 305,22°k sampai 341°k.



Gambar 4.14. *surfaces* radiator *coolant* hijau muda 50% dan *aquades* 50%

Dapat kita lihat pada gambar 4.14 Dengan temperatur inlet  $341^{\circ}\text{k}$ , *rotating region*  $50 \text{ rad/s}$ , velocity fluida  $7 \text{ m/s}$ . Temperatur yang terjadi pada pipa-pipa radiator ditunjukkan dengan warna hijau (*green*), kuning (*yellow*), jingga (*orange*), dan merah (*red*) dengan nilai temperatur  $277,33^{\circ}\text{k}$  sampai  $328,11^{\circ}\text{k}$ . Inlet dengan warna merah (*red*) dengan nilai temperatur  $341^{\circ}\text{k}$ , dan outlet ditunjukkan dengan warna kuning (*yellow*) dan jingga (*orange*) dengan nilai temperatur  $305,22^{\circ}\text{k}$  sampai  $328,11^{\circ}\text{k}$ .



Gambar 4.15. *surfaces radiator coolant* hijau muda 25% dan *aquades* 75%

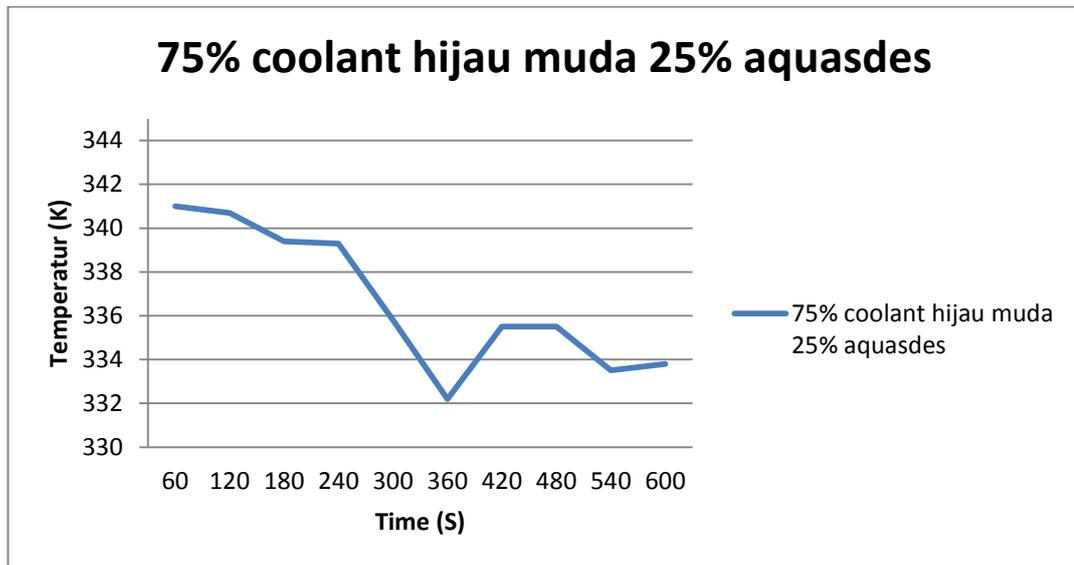
Pada gambar 4.15 dengan temperatur inlet  $341^{\circ}\text{k}$  yang merupakan sumber panas dalam simulasi ini kemudian *rotating region*  $50 \text{ rad/s}$  yang diberikan pada kipas radiator, velocity fluida  $7 \text{ m/s}$ . Temperatur yang terjadi pada pipa inlet gambar diatas yang diwakili warna merah (*red*) memiliki nilai temperatur  $341^{\circ}\text{k}$ , lalu terjadi perpindahan panas pada pipa-pipa radiator bisa kita lihat dari perubahan warna yang terjadi. Warna jingga (*orange*) terjadi pada bagian pipa yang berada dipinggir karena kurangnya jangkauan kipas radiator dengan temperatur  $305,22^{\circ}\text{k}$  sampai dengan  $328,11^{\circ}\text{k}$ , kemudian pada warna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*) perpindahan panas terjadi dari temperatur  $277,33^{\circ}\text{k}$  sampai dengan  $305,22^{\circ}\text{k}$ . Pada pipa outlet temperatur memiliki nilai antara  $205,22^{\circ}\text{k}$  sampai  $341^{\circ}\text{k}$ .

#### 4.2.2.3 Hasil Pengujian (Goals Plots)

*Goals Plot* adalah hasil final dalam sebuah pengujian yang berupa data berbentuk tabel dan grafik. Dalam hasil pengujian radiatorakan di dapat data-data berupa *temperature fluid*, untuk waktu 600 *sec*.

Tabel 4.5. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau muda  
75% dan *aquades* 25%

Time (s)	<i>Fluid Temperature</i> (k)
60	341
120	340,7
180	339,4
240	339,3
300	335,8
360	332,2
420	335,5
480	335,5
540	333,5
600	333,8

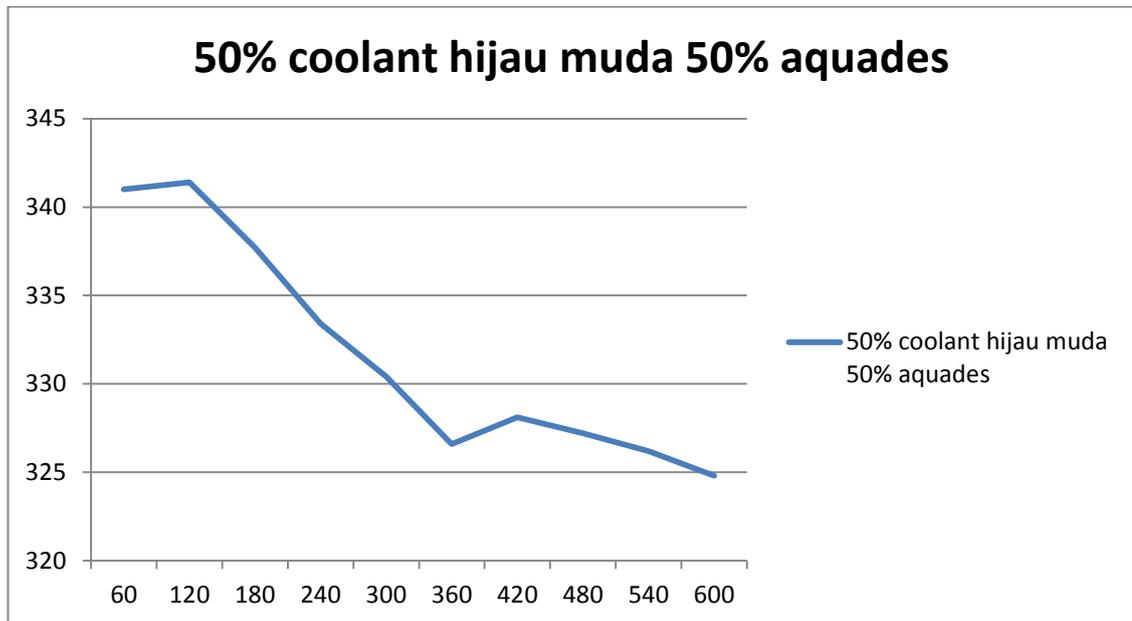


Gambar 4.16. Grafik hasil pengujian 75% *coolant* hijau muda dan 25% *aquades*

Dari grafik diatas temperatur awal dari 341°k kemudian temperatur turun hingga yang terendah 332,2°k pada detik 360, lalu naik kembali 335,5°k pada detik 420 dan 480, diakhir pengujian pada detik 600 nilai temperaturnya 333,8°k.

Tabel 4.6. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau muda 50% dan *aquades* 50%

Time (s)	Fluid Temperature (k)
60	341
120	341,4
180	337,7
240	333,4
300	330,4
360	326,6
420	328,1
480	327,2
540	326,2
600	324,8

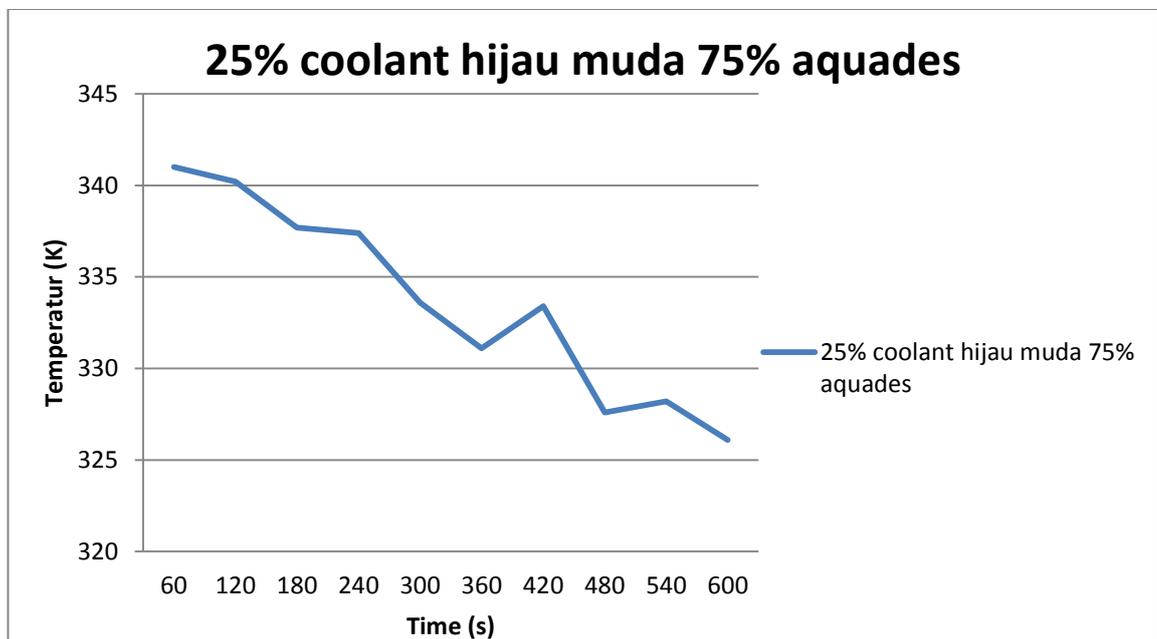


Gambar 4.17. Grafik hasil pengujian 50% *coolant* hijau muda dan 50% *aquades*

Dari grafik diatas temperatur 341°k menunjukkan temperatur awal, kemudian terjadi kenaikan 341,4°k, terjadi penurunan kembali 326,6°k hingga detik ke 360, terjadi kenaikan kembali 328,1°k pada detik 420, kemudian turun hingga akhir pengujian 324,8 pada detik 600 dan merupakan temperatur yang terendah.

Tabel 4.7. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau muda  
25% dan *aquades* 75%

Time (s)	Fluid Temperature (k)
60	341
120	340,2
180	337,7
240	337,4
300	333,6
360	331,1
420	334,4
480	327,6
540	328,2
600	326,1



Gambar 4.18. Grafik hasil pengujian 25% *coolant* hijau muda dan 75% *aquades*

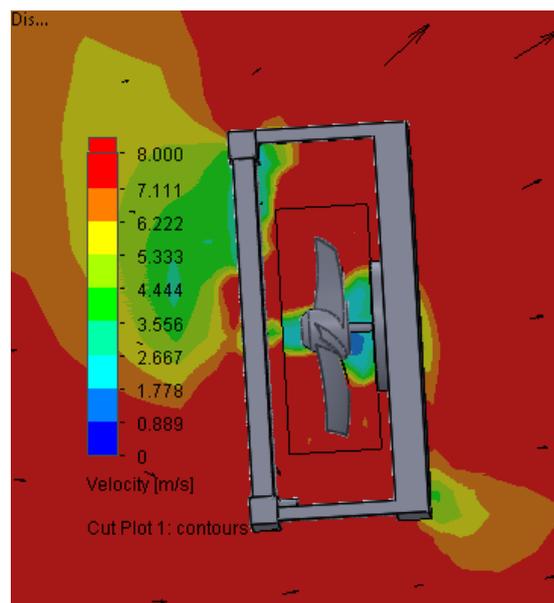
Dari grafik diatas temperatur awal adalah 341°k, kemudian terjadi penurunan hingga 331,1°k pada detik 360, terjadi kenaikan karena kurangnya

proses pendinginan dengan nilai temperatur 333,4°k, pada detik 420, dan turun hingga akhir pengujian pada detik 600 dan merupakan temperatur terendah dengan nilai 326,1°k.

#### 4.2.3. Pengujian model 3

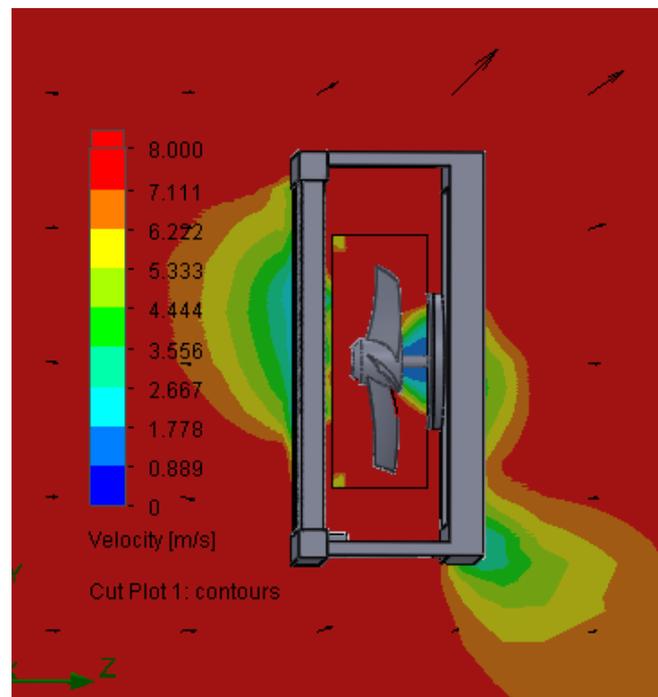
##### 4.2.3.1. Pembacaan hasil pengujian menggunakan potongan (*cut plot*)

Pada model ini fluida yang digunakan dengan campuran 75%, 50%, 25% radiator *coolant* hijau tua dan *aquades*. Pada pengujian simulasi dapat dibaca melalui *cut plot*. *Cut plot* adalah hasil uji berupa potongan dari sebuah objek uji. *Cut plot* dalam hasil uji ini dapat melihat pada bagian potongan yang ingin dilihat berapa temperatur pada potongan yang diinginkan. Pada hasil ini kita dapat melihat velocity saat pengujian simulasi masing masing konsentrasi campuran.



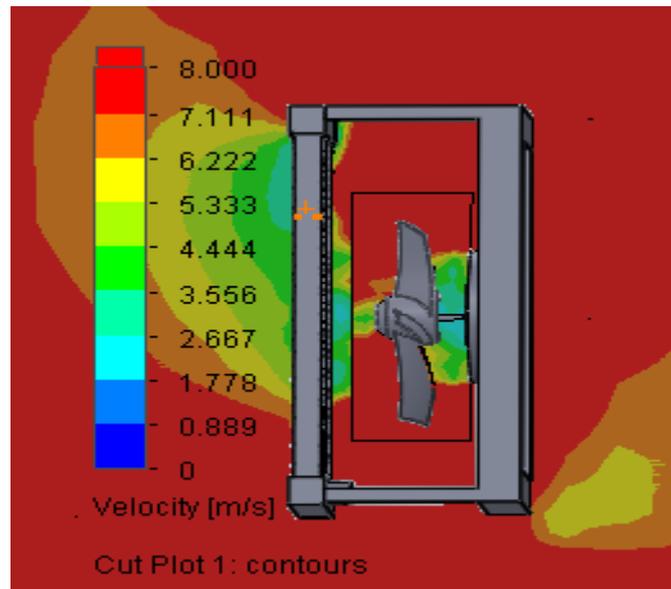
Gambar.4.19. *Cut plot* radiator *coolant* hijau tua 75% dan *aquades* 25%

Pada gambar 4.19 dengan memberi data *rotating region* 50 rad/s pada kipas radiator maka dapat kita lihat hasilnya pada bagian yang warna merah (*red*) merupakan velocity yang tertinggi yaitu 8 m/s. Dan dapat kita lihat yang berwarna jingga (*orange*), kuning (*yellow*), hijau (*green*), biru muda (*tosca*), dan biru (*blue*) merupakan perubahan velocity dari 3,55 m/s sampai dengan 7,11 m/s.



Gambar.4.20. *Cut plot* radiator coolant hijau tua 50% dan aquades 50%

Pada gambar 4.20 bisa kita lihat velocity yang terjadi dengan pemberian *rotating region* 50 rad/s pada kipas radiator, maka di peroleh velocity yang terjadi di sekeliling radiator berwarna merah (*red*) memiliki nilai velocity 8 m/s. Bisa kita lihat juga yang di tunjukan dengan warna biru (*blue*), biru muda (*tosca*), hijau (*green*), kuning (*yellow*), dan jingga (*orange*) memiliki nilai velocity antara 0 m/s sampai dengan 7,11 m/s

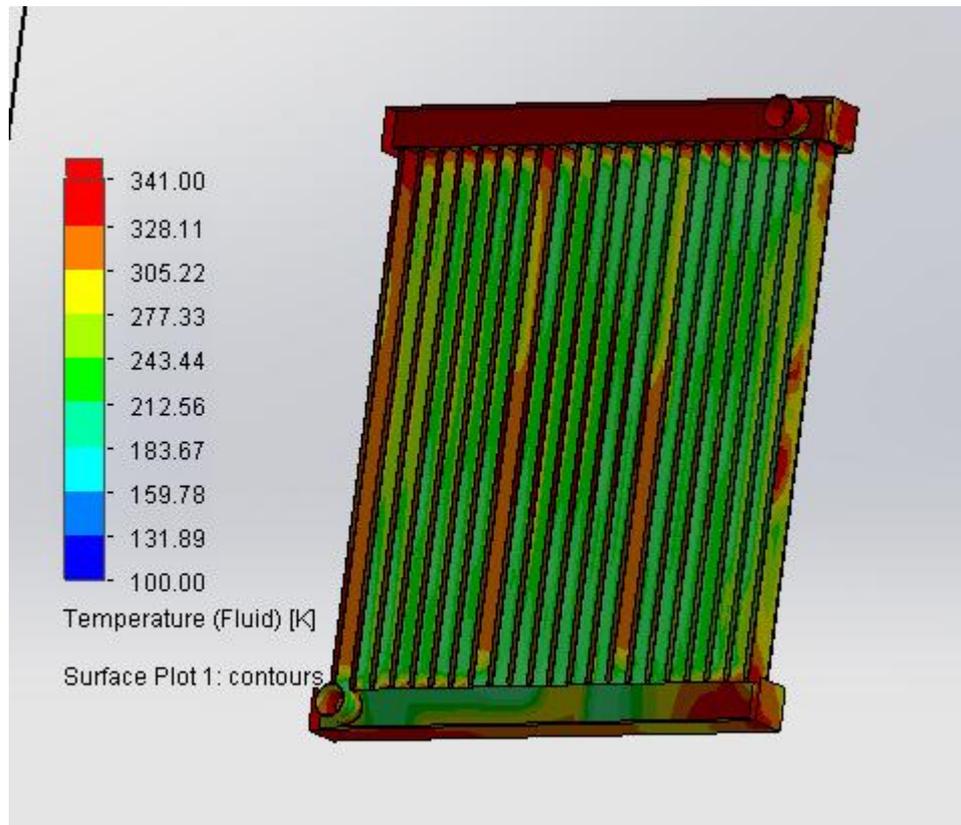


Gambar.4.21. *Cut plot radiator coolant hijau tua 25% dan aquades 75%*

Pada gambar 4.21 dapat kita lihat dengan pemberian *rotating region* 50 rad/s pada kipas radiator, maka diperoleh velocity disekeliling radiator 8 m/s di tunjukan dengan warna merah (*red*). Adapun perubahan warna yang terjadi karena adanya perubahan velocity dari 1,77 m/s sampai 7,11 m/s yang di tunjukan dengan warna biru muda (*tosa*), hijau (*green*), kuning (*yellow*), dan jingga (*orange*).

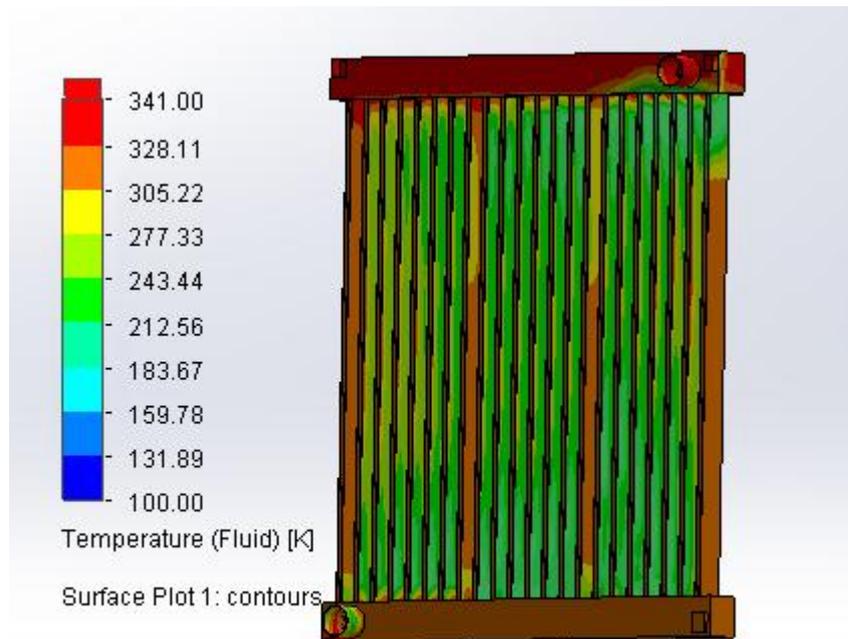
#### 4.2.3.2 Hasil Pengujian Permukaan Volume (*Surfaces*)

*Surfaces* adalah hasil uji yang dapat menunjukan nilai dalam sebuah volume ruangan yang dapat dihitung persetiap satuan yang di inginkan. Dalam hasil uji dapat diketahui temperatur pada pipa radiator.



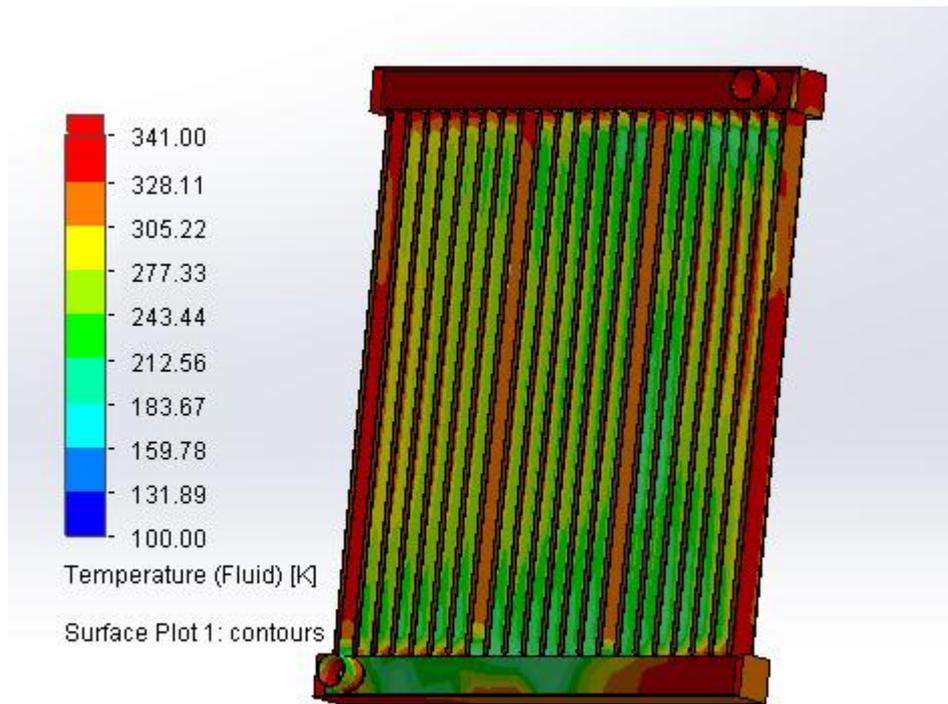
Gambar 4.22. *Surfaces* radiator coolant hijau tua 75% dan aquades 25%

Dapat dilihat pada gambar 4.22 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k velocity fluida 7 m/s. Dapat kita lihat perubahan warna kuning (*yellow*), hijau (*green*), dan jingga (*orange*) pada simulasi radiator dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 328,11°k. Dan pada bagian outlet terdapat warna hijau (*green*), kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 341°k.



Gambar 4.23. *Surfaces* radiator coolant hijau tua 50% dan *aquades* 50%

Dapat dilihat pada gambar 4.23 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k velocity fluida 7 m/s. Dapat kita lihat perubahan warna kuning (*yellow*), dan jingga (*orange*), pada simulasi radiator dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 328,11°k. Dan pada bagian outlet terdapat warna hijau (*green*), kuning (*yellow*), jingga (*orange*), merah (*red*) dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 341°k.



Gambar 4.24. *Surfaces* radiator *coolant* hijau tua 25% dan *aquades* 75%

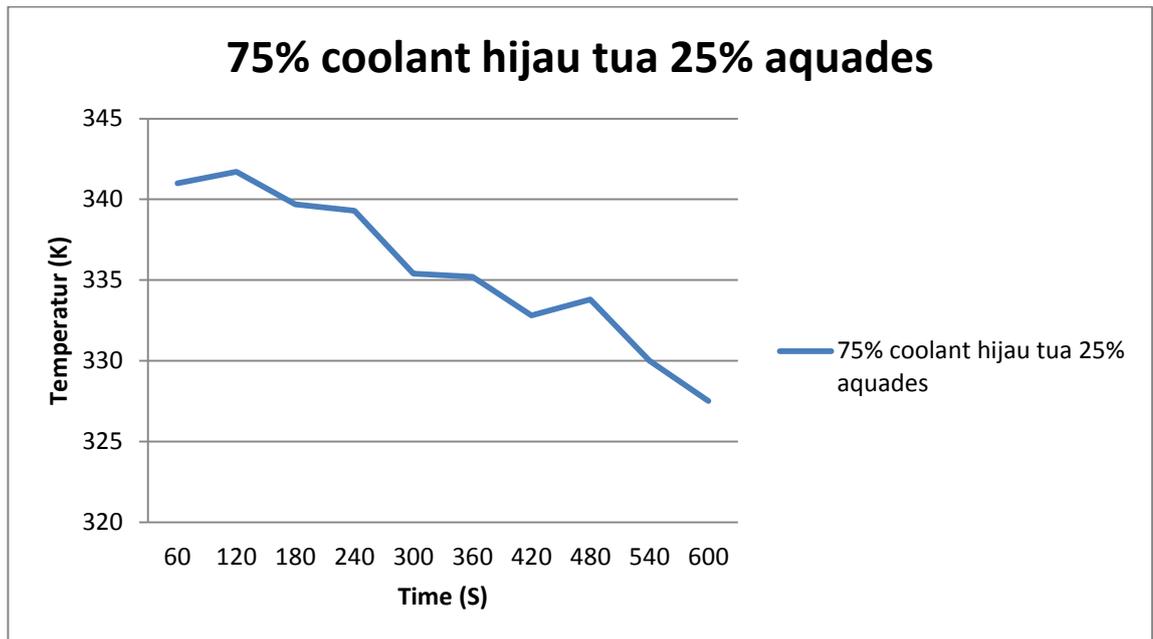
Dapat dilihat pada gambar 4.24 dalam gambar tersebut merupakan hasil uji *surfaces* dengan waktu 600 detik, *rotating region* 50 rad/s, inlet 341°k velocity fluida 7 m/s. Dapat kita lihat pada pipa-pipa radiator yang berwarna merah (*red*) merupakan yang paling tinggi yang kurang terjangkau proses pendinginan oleh kipas radiator dengan temperatur 341°k. Perubahan warna kuning (*yellow*), hijau (*green*), dan jingga (*orange*) pada simulasi radiator dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 328,11°k. Dan pada bagian outlet terdapat warna hijau (*green*), kuning (*yellow*), jingga (*orange*) dengan nilai temperatur 277,33°k sampai 341°k.

#### 4.2.3.3 Hasil Pengujian (Goals Plots)

*Goals Plot* adalah hasil final dalam sebuah pengujian yang berupa data berbentuk tabel dan grafik. Dalam hasil pengujian radiatorakan di dapat data-data berupa *temperature fluid*, untuk waktu 600 *sec*.

Tabel 4.8. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau tua  
75% dan *aquades* 25%

Time (s)	<i>Fluid Temperature</i> (k)
60	341
120	341,7
180	339,7
240	339,3
300	335,4
360	335,2
420	332,8
480	333,8
540	330
600	327,5

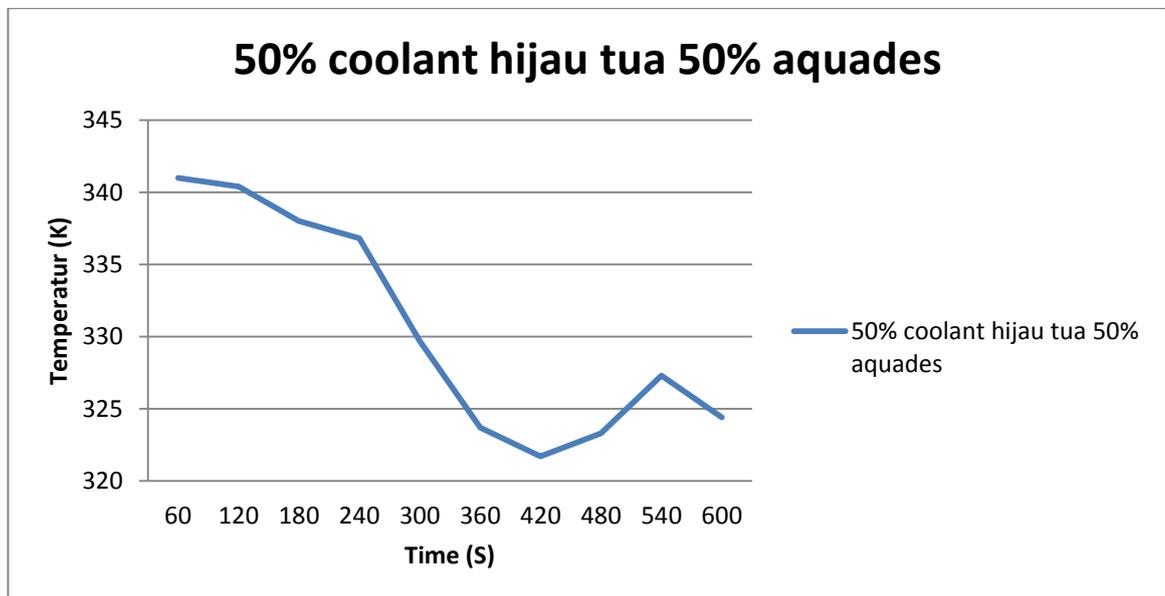


Gambar 4.25. Grafik hasil pengujian 75% *coolant* hijau tua dan 25% *aquades*

Dari grafik diatas menunjukkan temperatur awal pengujian 341°k pada detik 60kemudian temperatur naik dan menjadi temperatur yang tertinggi 341,7°k pada detik 120, kemudian turun hingga 322,8°k pada detik 420, naik kembali 333,8°k pada detik 480, dan turun hingga akhir pengujian pada detik 600 dengan temperatur 327,5°k.

Tabel 4.9. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau tua 50% dan *aquades* 50%

Time (s)	Fluid Temperature (k)
60	341
120	340,4
180	338
240	336,8
300	329,7
360	323,7
420	321,7
480	323,3
540	327,3
600	324,1



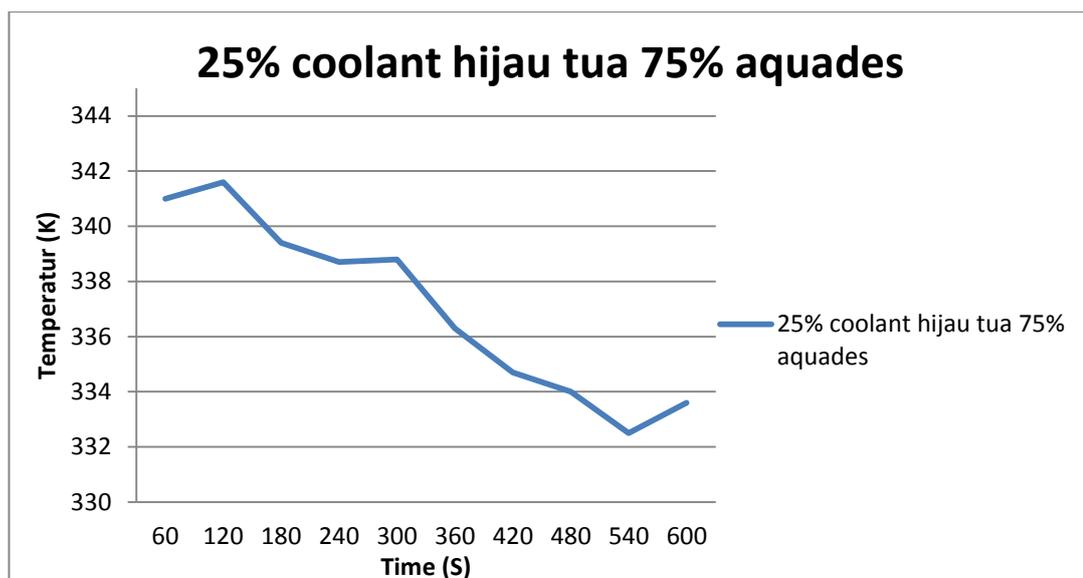
Gambar 4.26. Grafik hasil pengujian 50% *coolant* hijau tua dan 50% *aquades*

Dari grafik diatas menunjukkan temperatur awal pengujian 341°k merupakan temperatur tertinggi pada detik 60,kemudian temperatur turun hingga

yang terendah 321,7°k pada detik 420, naik kembali sampai 327,3°k pada detik 540 dan pada detik 600 merupakan akhir pengujian dengan temperatur 324,4°k.

Tabel 4.10. Nilai hasil pengujian temperatur *coolant* hijau tua 25% dan *aquades* 75%

Time (s)	Fluid Temperature (k)
60	341
120	341,6
180	339,4
240	333,7
300	333,8
360	336,3
420	334,7
480	334
540	332,5
600	333,6



Gambar 4.27. Grafik hasil pengujian 25% *coolant* hijau tua dan 75% *aquades*

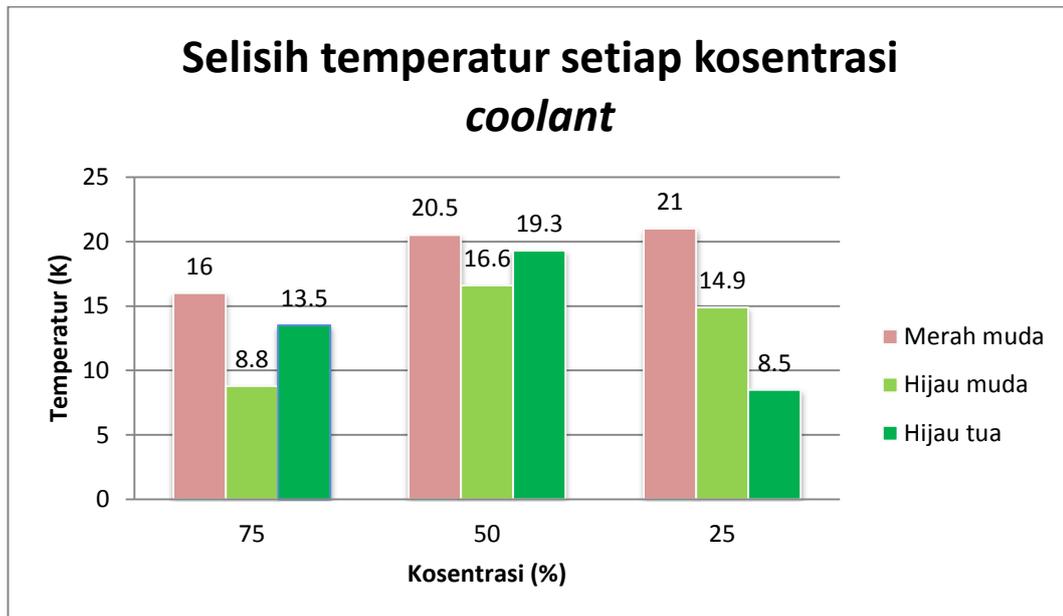
Dari grafik diatas menunjukkan temperatur awal pengujian 341°k pada detik 60kemudian temperatur naik 341,6°k pada detik 120, kemudian turun hingga 332,5°k pada detik 540, dan naik kembali pada akhir pengujian pada detik 600 dengan nilai temperatur 333,6°k.

### 4.3 Pembahasan

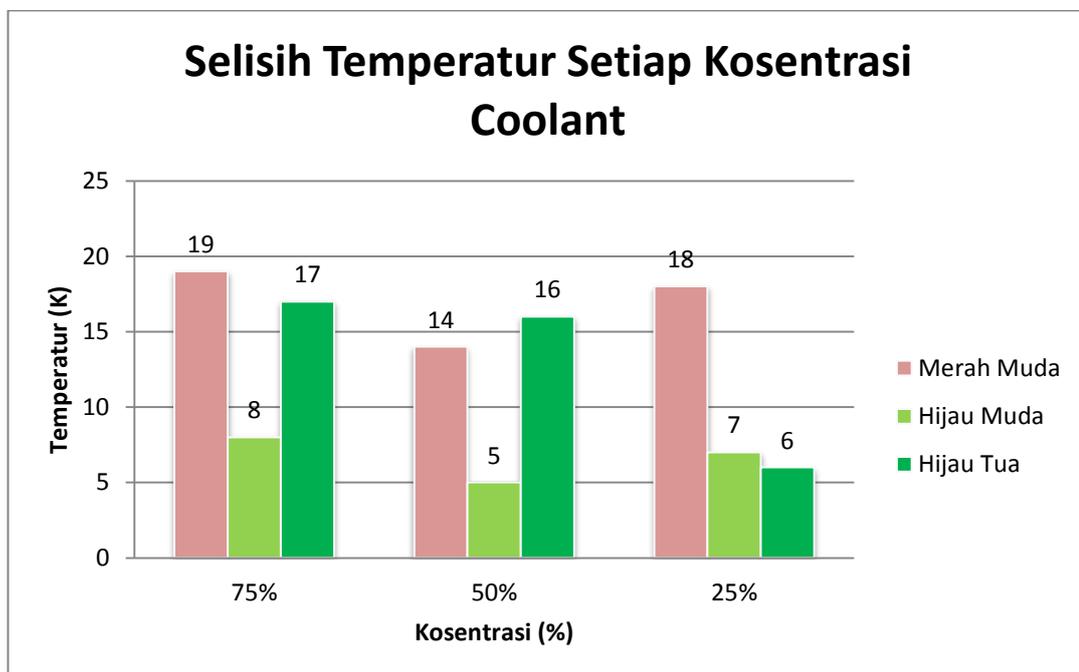
Berdasarkan data-data dari rangkaian pengujian simulasi dengan *software* maka dapat dibuat tabel hasil uji temperatur, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4.11. Hasil pengujian simulasi

Jenis <i>coolant</i>	Kosentrasi (%)	Temp. maks (K)	Temp. Min (K)	$\Delta T$ (K)
Merah muda	75	341	325	16
	50	341	320,5	20,5
	25	341	320	21
Hijau muda	75	341	332,2	8,8
	50	341	324,8	16,6
	25	341	326,1	14,9
Hijau tua	75	341	327,5	13,5
	50	341	321,7	19,3
	25	341	332,5	8,5



Gambar. 4.28. Grafik selisih temperatur dari setiap kosentrasi



Gambar 4.29. Grafik selisih temperatur dari setiap kosentrasi *coolant* saat eksperimen

Dari grafik diatas menunjukkan perbandingan hasil selisih temperatur dari tiap konsentrasi. Bisa kita lihat selisih temperatur yang paling tinggi  $21^{\circ}\text{k}$  dengan konsentrasi 25% radiator *coolant* merah muda dan 75% *aquades*, merupakan campuran yang lebih bagus karena panas yang diserap lebih besar dari campuran yang lain. Campuran yang paling rendah adalah  $8,5^{\circ}\text{k}$  pada konsentrasi 25% radiator *coolant* hijau tua dan 75% *aquades*. Pada grafik dengan menggunakan eksperimen yang merupakan campuran paling bagus adalah pada konsentrasi jenis *coolant* merah muda 75% dan *aquades* 25% yaitu  $19^{\circ}\text{k}$ . Campuran yang terendah temperatur  $5^{\circ}\text{k}$  pada konsentrasi radiator *coolant* hijau muda 50% dan *aquades* 50%.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap 3 model dengan 9 pengujian yaitu setiap model memiliki 3 pengujian dengan konsentrasi 75%, 50%, dan 25%, pengujian *software simulasi fluida berbasis elemen hingga*, maka didapat saran dan kesimpulan sebagai berikut:

#### 5.1 Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan terhadap 3 model pada *coolantradiator* dengan pengujian *software simulasi fluida berbasis elemen hingga*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Hasil pengujian pada *cut plot* dapat diketahui melalui potongan dari sebuah bangun yang menunjukkan hasil uji dari distribusi udara dapat bersirkulasi dengan baik.
2. Hasil pengujian *software simulasi fluida berbasis elemen hingga* pada model A dari masing masing konsentrasi didapat selisih perubahan antara temperatur maksimum dan minimum 75% sebesar  $16^{\circ}\text{k}$ , 50% sebesar  $20,5^{\circ}\text{k}$ , dan 25% sebesar  $21^{\circ}\text{k}$ . Pada model B dengan konsentrasi yang sama didapat selisih temperatur 75% sebesar  $8,8^{\circ}\text{k}$ , 50% sebesar  $16,6^{\circ}\text{k}$ , dan 25% sebesar  $14,9^{\circ}\text{k}$ . Model C pun memiliki selisih temperatur 75% sebesar  $13,5^{\circ}\text{k}$ , 50% sebesar  $19,3^{\circ}\text{k}$ , dan 25% sebesar  $8,5^{\circ}\text{k}$ .

3. Dari hasil pengujian simulasi maka didapat selisih temperatur yang paling tinggi sebesar 21°k pada *coolant* model A dengan kosentrasi 25% merupakan yang lebih baik perpindahan panasnya dan lebih direkomendasikan, dan yang terendah terdapat pada model C dengan kosentrasi 25% sebesar 8,5°k.

## 5.2 Saran

### 5.2.1 peneliti

Setelah melakukan penelitian ini penulis masih memiliki banyak kekurangan dalam simulasi, untuk penelitian lanjutan penulis menyarankan adanya perubahan geometry yang lebih baik seperti aslinya agar bisa mendapatkan hasil yang lebih maksimal tentang aliran fluida pada sistem pendingin mesin.

### 5.2.2 masyarakat

Dari ketiga model simulasi yang berbeda dan kosentrasi yang berbeda yaitu 75%, 50%, dan 25% pembaca dapat menggunakan campuran radiator *coolant* merah muda 25% dan *aquades*75% untuk mencegah *overheat* pada kendaraan.

Sirkulasi pendinginan digerakan Pompa Air yang mengirim cairan pendingin menuju blok mesin, dimana cairan tersebut mengalir melalui jalur-jalur disekitar silinder, lalu kembali melalui jalur yang melewati kepala silinder. Termostat terletak pada bagian dimana cairan meninggalkan mesin. Jika thermostat dalam

keadaan tertutup, maka cairan mengalir kembali menuju pompa air. Dan jika thermostat dalam kondisi terbuka, maka cairan mengalir menuju radiator terlebih dahulu, baru kemudian kembali ke pompa air.

## DAFTAR PUSTAKA

Anglin, Crouse. *Automotive Mechanics*. Ohio : McGraw Hill, 1946

Arko, Frank. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta. Erlangga, 1997

<http://arismadata.com/solidworks/products-simulation-flow.php> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

<http://industries-news.blogspot.co.id/2010/07/03-internal-combustion-engines-cooling.html> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

<http://rcautospecialists.com/coolant-flush-detox-vehicles-cooling-system> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

<http://www.acc.co.id/news/read/173/mengenalcarakerjasistempendinginmobil#.VD3EG0Fovo4> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

<http://www.autocorner.ca/pages/radiators.html> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

<http://www.scribd.com/doc/225422815/pengertian-solid-work> (Rabu, 22:00. 12 Juli 2017. Jakarta)

New step 1. *Training Manual*. PT. Toyota Astra Motor, 2000

Suryanto, Wardan. *Teori Motor Bensin*. Jakarta : Depdikbud, 1989

## LAMPIRAN 1

Perhitungan kalor lepas pada setiap kosentrasi

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,04 \text{ kg/I} \times 4154,8 \text{ J/KgK} \times 18 \text{ K} \\ = 5107,67 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,04 \text{ kg/I} \times 4154,8 \text{ J/KgK} \times 14 \text{ K} \\ = 3972,63 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,03 \text{ kg/I} \times 4195,1 \text{ J/KgK} \times 19 \text{ K} \\ = 5391,38 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,01 \text{ kg/I} \times 3465,3 \text{ J/KgK} \times 7 \text{ K} \\ = 1608,89 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,01 \text{ kg/I} \times 3465,3 \text{ J/KgK} \times 5 \text{ K} \\ = 1149,21 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,03 \text{ kg/I} \times 3920,8 \text{ J/KgK} \times 8 \text{ K} \\ = 2121,63 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,01 \text{ kg/I} \times 3465,3 \text{ J/KgK} \times 6 \text{ K} \\ = 1379,05 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,02 \text{ kg/I} \times 3959,3 \text{ J/KgK} \times 16 \text{ K} \\ = 4243,32 \text{ Joule}$$

$$Q = 0,065671 \text{ I/s} \times 1,03 \text{ kg/I} \times 5097,1 \text{ J/KgK} \times 17 \text{ K} \\ = 5861,06 \text{ Joule}$$

Perhitungan velocity

$$V = \frac{0,06}{3,14 \times 0,016^2} \\ = 7 \text{ m/s}$$

## LAMPIRAN 2

Table 4.1 Data Hasil Pengujian

NO	TIPE	KONSENTRASI	DEBIT	PUTARAN	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	ΔT	rho	c	Q
	COOLANT	%	l/s	rpm	K	K	K	kg/l	joule/kgK	joule
1	merah muda	25	0.06567	1500	334	316	18	1.04	4154.8	5107.67
2		50			335	321	14	1.04	4154.8	3972.63
3		75			341	322	19	1.03	4195.1	5391.38
4	hijau muda	25			333	326	7	1.01	3465.3	1608.89
5		50			330	325	5	1.01	3465.3	1149.21
6		75			329	321	8	1.03	3920.8	2121.63
7	hijau tua	25			334	328	6	1.01	3465.3	1379.05
8		50			330	314	16	1.02	3959.3	4243.32
9		75			337	320	17	1.03	5097.1	5861.06

### LAMPIRAN 3



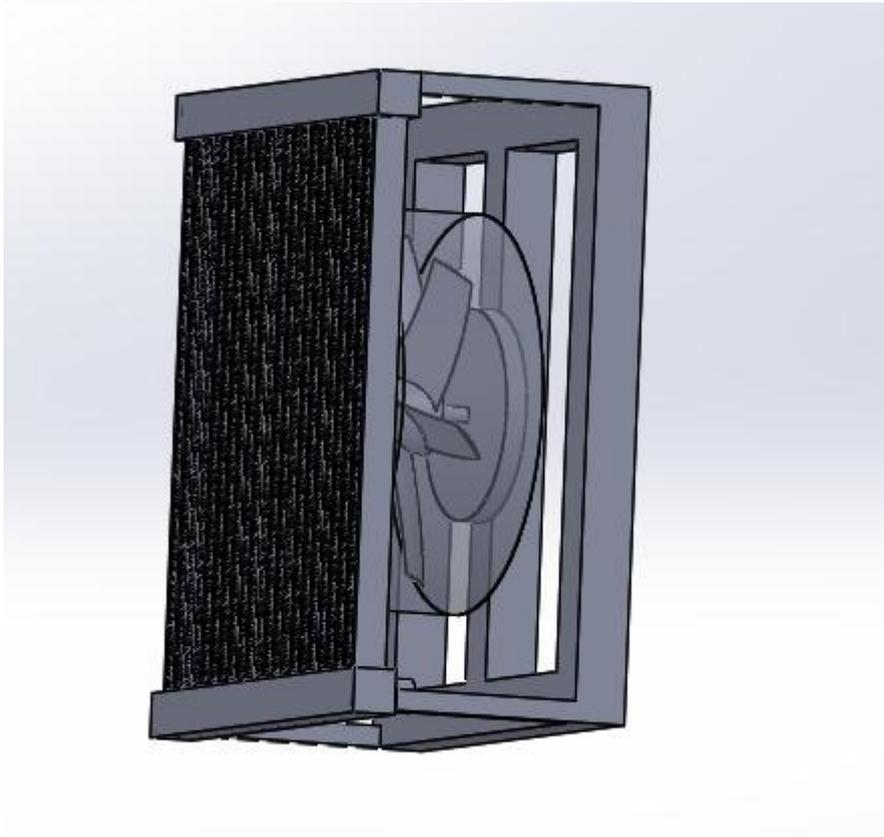
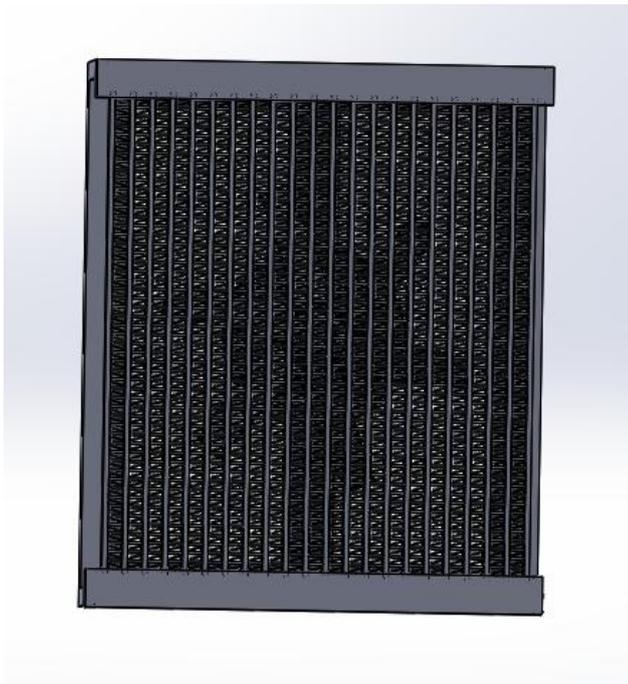
Thermometer digital thermokopel



Tacho Meter



Thermometer Digital



Geometry simulasi