

**SIMULASI ALIRAN UDARA PADA RUANG MESIN KENDARAAN
BERMOTOR DENGAN TIPE MOBIL HONDA CIVIC SO-4 AT
KAPASITAS 1590 CC**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri**



Disusun Oleh :

Nama : ANZHAR FACHTUL MUBIEN PAWEROY

No. Mahasiswa : 12525074

NIRM : 2012011509

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah yang maha segalanya, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya. Apabila dikemudian hari terbukti pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia ijazah yang saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Jakarta, 20 September 2016



6000
ENAM RIBURUPIAH

Anizar Mubien Paweroy
12 525 074

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

*Simulasi Aliran Udara Pada Ruang Mesin Kendaraan Bermotor
Dengan Tipe Mobil Honda CIVIC SO-4 AT Kapasitas 1590 CC
Menggunakan Software Solidworks (CFD)*

TUGAS AKHIR



Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir




Rahmat Riza, S.T, M.Sc.,M.E

NIP. 19810507 200501 1 002

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

*Simulasi Aliran Udara Pada Ruang Mesin Kendaraan Bermotor
Dengan Tipe Mobil Honda CIVIC SO-4 AT Kapasitas 1590 CC
Menggunakan Software Solidworks (CFD)*

TUGAS AKHIR
ISLAM
Disusun Oleh :
ANZHAR FACHTUL MUBIEN PAWEROY
NIM. 12 525 074
NIRM 2012011509
Tim Penguji

<u>Rahmat Riza, S.T, M.Sc, M.E.</u> Ketua	 Tanggal : 26 Januari 2018
<u>Dr.Ir. Parvana PuspaPutra, M.Eng.</u> Anggota I	 Tanggal : 26 Januari 2018
<u>Arif Budi Wicaksono S.T, M.Eng.</u> Anggota II	 Tanggal 26 Januari 2018

Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Islam Indonesia



Dr. Eng. Risdivono S.T, M.Eng.

NIP. 005250101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya khaturkan rasa syukur dan terimakasih saya kepada:

Allah SWT, karena hanya atas izin dan karuniaNya maka skripsi ini dapat dibuat dan selesai pada waktunya. Puji syukur yang tak terhingga pada Allah penguasa alam yang meridhoi dan mengabdikan segala do'a.

Bapak Ismail dan Ibu Siti Khadijah selaku orangtua saya, yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusus selain do'a yang terucap dari orang tua. Ucapan terimakasih saja takkan pernah cukup untuk membalas kebaikan orang tua, karena itu terimalah persembaha bakti dan cinta ku untuk kalian bapak ibuku.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing, penguji dan pengajar, yang selama ini telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk menuntun dan mengarahkan saya, memberikan bimbingan dan pelajaran yang tiada ternilai harganya, agar saya menjadi lebih baik. Terimakasih banyak Bapak dan Ibu dosen, jasa kalian akan selalu terpatri di hati.

Rekan-rekan seperjuanganku (teknik mesin angkatan 2012), tanpa semangat, dukungan dan bantuan kalian semua tak kan mungkin aku sampai disini, terimakasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang kita lewati bersama dan terimakasih untuk kenangan manis yang telah mengukir selama ini. Dengan perjuangan dan kebersamaan kita pasti bisa! Solidarity Forever!!!

Terimakasih yang sebesar-besarnya untuk kalian semua, akhir kata saya persembahkan skripsi ini untuk kalian semua, orang-orang yang saya sayangi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang, Aamiinnn.

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Qs.Al-Insyiraah Ayat: 5-6)

“ Dan orang mukmin yang paling sempurna Immanya adalah mereka yang paling baik Akhlaknya “.

(HR. Ahmad)

مَنْ خَرَجَ فِي طَلَبِ الْعِلْمِ فَهُوَ فِي سَبِيلِ اللَّهِ

“Barang siapa keluar untuk mencari Ilmu maka dia berada di jalan Allah “.

(HR. Turmudzi)

“Harta yang tak pernah habis adalah ilmu pengetahuan dan ilmu yang tak ternilai adalah pendidikan”

“Tragedi terbesar dalam kehidupan bukanlah sebuah kematian, tapi hidup tanpa tujuan. Karena itu, teruslah bermimpi untuk menggapai tujuan dan harapan, supaya hidup bisa lebih bermakna”

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Rahim-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “***SIMULASI ALIRAN UDARA PADA RUANG MESIN KENDARAAN BERMOTOR DENGAN TIPE MOBIL HONDA CIVIC SO-4 AT KAPASITAS 1590 CC***”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa kesempurnaan Tugas Akhir ini sangat ditentukan oleh seberapa banyak pengalaman dan kadar ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh penulis, karena ketiadaan pengalaman dan minimnya ilmu pengetahuan, besar harapan penulis kepada para pembaca yang budiman untuk mengoreksi kekurangan Tugas Akhir ini guna untuk menyempurnakan.

Keberhasilan penulis dalam Merampungkan Tugas Akhir ini, tidak hanya jerih payah kami sebagai penulis semata-mata tetapi dari berkat dorongan, arahan dan bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu sepantasnyalah pada kesempatan ini penulis dengan kerendahan hati menghaturkan banyak terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang dengan ikhlas mendoakan, memberikan petunjuk, nasehat baik materil atau non materil yang tidak bisa dinilai, semoga amal beliau keduanya mendapat balasan dari Allah SWT dan berikan kekuatan, kesehatan dan keselamatan di dunia dan di akhirat, amin.
2. Yang kami hormati Bapak Rahmat Riza, S.T, M.Sc, M.E. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan kami arahan, nasehat untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
4. Bapak Agung Nugroho Adi, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Segenap Dosen, Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

6. Untuk sang pacar bernama Herlina terimakasih banget atas support dan doanya yang selalu ingetin untuk mengerjakan tugas akhir ini sampai selesai.
7. Terkhusus kepada angkatan 2012 dan teman-teman seperjuangan yang telah memberikan motivasi, semangat, bantuan baik materil atau non materil serta masukan selama dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Serta kepada semua pihak yang senantiasa memberikan bantuan selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga budi baik dan amal dari semua pihak yang telah memberi berbagai macam bantuan senantiasa mendapat limpahan rahmat yang setimpal dari Allah SWT, Insya Allah Amin

Yogyakarta, 20 November 2017

Penulis,

Anzhar Fachtul Mubien Paweroy

NIM: 12525074

Abstrak

Pada kendaraan sedan merek Honda pada umumnya memiliki bahan material *engine* yang kuat namun dikarenakan faktor usia maka terjadi penurunan fungsi dari bahan material tersebut. Untuk meningkatkan fungsi kembali dibutuhkan modifikasi bahan material supaya *engine* dapat bekerja secara optimal. Modifikasi bahan material berupa pendinginan air *cooling system* dan *grill air flow* dimana hal ini dipengaruhi oleh iklim tropis.

Penelitian ini membahas tentang kinerja aerodinamika *grill air flow* yang dibandingkan dengan model terbuka full, terbuka setengah, tertutup full. Adapun *grill* yang akan diteliti secara khusus yaitu terbuka 25%, terbuka 50%, dan terbuka 75%. Sehingga diharapkan dapat diperoleh kinerja *grill air flow* yang sesungguhnya dari suatu konstruksi pada *engine* mobil. Hal ini dilakukan dengan membuat simulasi laju aliran dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamic(CFD)*. Objek pada penelitian ini ialah sedan Honda CIVIC SO4 – AT FERIO pemilihan objek tersebut dikarenakan memiliki bahan material yang kuat tetapi dikarenakan faktor usia sehingga kurang optimal pada sistem pendinginnya. Untuk dapat mengetahui dimensi desain *grill* yang baik untuk kendaraan bermotor agar pasokan udara yang dibutuhkan oleh *engine* dapat berperan penting untuk pendinginan. Maka penulis akan melakukan penelitian simulasi aliran udara pada ruang bakar kendaraan bermotor dengan kapasitas mesin 1590 cc.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa berdasarkan Model desain dari simulasi *Grill Air Flow* mendapatkan hasil laju aliran konveksi paksa dan konveksi alami. *Grill* yang terbuka 100% menunjukkan bahwa engine kendaraan dapat didinginkan secara maksimal. Kelebihan *grill* terbuka sangat baik bagi udara yang masuk ke ruang mesin, akan tetapi memiliki risiko masuknya batu-batu kecil ke dalam *grill*.

Katakunci: Perpindahan Panas, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), *Grill Air Flow*, dan *Software Solidworks 2016(CFD)*

Abstract

In the Honda sedan vehicle in general has a strong engine material but due to the age factor then there is a decrease in the function of the material. To improve the function again required material modifications so that the engine can work optimally. Modification of materials in the form of cooling water cooling system and water flow grill where it is influenced by tropical climate.

This study discusses the aerodynamic performance of water flow grill which is compared with the open model full, half open, fully covered. The grill that will be examined specifically is open 25%, open 50%, and open 75%. So it is expected to obtain the actual performance of air flow grill from a construction on the car engine. This is done by simulating flow rates using Computational Fluid Dynamic (CFD) software. The object of this study is the Honda CIVIC SO4 - AT FERIO sedan the selection of the object due to have a strong material but due to the age factor so less optimal on the cooling system. To be able to know the dimensions of good grille design for motor vehicles so that the air supply required by the engine can play an important role for cooling. So the authors will conduct research simulation of airflow on motor vehicle combustion chamber with engine capacity of 1590 cc.

The results of this study indicate that based on the design model of the Air Flow Grill simulation, the results of convection flow rate and natural convection. A 100% open grill shows that the engine engine can be cooled to its full potential. Excess open grill is very good for air entering the engine room, but has the risk of entering small stones into the grill.

Keywords: *Heat Transfer, Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG), Air Flow Grill, and Software Solidworks 2016 (CFD)*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Perpindahan Panas.....	6
a) Konduksi	6
b) Konveksi	7
c) Kondisi Batas (<i>Boundary</i>)	7
2.2.2 Aliran Fluida	7
a) Aliran Laminar	7
b) Aliran Turbulen	8

2.2.3	Teknologi Mesin Empat Tak	9
	A. Prinsip Kerja Mesin Empat Tak	9
	B. Sistem Pendinginan Mesin	9
	C. Sistem Pendinginan Udara.....	10
	D. Sistem Pendinginan Air	10
	E. <i>Grill Air Flow</i>	11
2.3	<i>Software</i> Analis Menggunakan <i>Solidworks</i> CFD	12
2.4	<i>Finite Element Method</i> (FEM)	12
2.4.1	Konsep Dasar	13
2.4.2	Pemodelan Elemen Hingga	14
2.4.3	Preprocessing	15
2.4.4	Simulation	15
2.4.5	Postprocessing	15

BAB III TAHAPAN ALIR PENELITIAN DAN LANGKAH SIMULASI

3.1	Bagan Alir Penelitian	15
3.2	Melakukan Observasi	16
3.3	Pengumpulan Data	18
3.4	Metode Desain Konsep	18
3.4.1	Desain Sederhana	19
3.4.2	Desain Kedua	19
	1) <i>Tool Wizard</i>	20
	2) <i>Unit System SI(m-kg-s)</i>	20
	3) <i>Unit System External Fluids</i>	21
	4) <i>Solid Material</i>	22
	5) <i>Parameter Definition</i>	23
	6) <i>Tool Computational Domain</i>	24
	7) <i>Rotating Region</i>	25
	8) <i>Running Data</i>	30
	9) <i>Finishing Simulation</i>	31

BAB IV. ANALISIS PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN SIMULASI

4.1	Analisis Aliran Udara Pada Ruang Mesin	32
-----	--	----

4.1.1	Perhitungan Bilangan <i>Reynold Number</i>	32
4.2	Hasil Simulasi Aliran Udara pada Kondisi Malam Mobil Stop.....	33
4.2.1	Kondisi <i>Grill</i> 25% Waktu Malam Hari	34
4.2.2	Kondisi <i>Grill</i> 50% Waktu Malam Hari	35
4.2.3	Kondisi <i>Grill</i> 75% Waktu Malam Hari	36
4.2.4	Kondisi <i>Grill</i> Terbuka Waktu Malam Hari	37
4.2.5	Kondisi <i>Grill</i> Tertutup Waktu Malam Hari	38
4.3	Hasil Simulasi Aliran Udara Pada Kondisi Malam Hari Mobil Jalan 20 km	39
4.3.1	Kondisi <i>Grill</i> 25% Waktu Malam Hari	39
4.3.2	Kondisi <i>Grill</i> 50% Waktu Malam Hari	40
4.3.3	Kondisi <i>Grill</i> 75% Waktu Malam Hari	41
4.3.4	Kondisi <i>Grill</i> Buka Waktu Malam Hari	42
4.3.5	Kondisi <i>Grill</i> Tutup Waktu Malam Hari	43
4.4	Hasil Simulasi Aliran Udara pada Kondisi Siang Hari Mobil Stop	44
4.4.1	Kondisi <i>Grill</i> 25% Waktu Siang Hari	44
4.4.2	Kondisi <i>Grill</i> 50% Waktu Siang Hari	45
4.4.3	Kondisi <i>Grill</i> 75% Waktu Siang Hari	46
4.4.4	Kondisi <i>Grill</i> Terbuka Waktu Siang Hari	47
4.4.5	Kondisi <i>Grill</i> Tertutup Waktu Siang Hari	48
4.5	Hasil Simulasi Aliran Udara pada Kondisi Siang Hari Mobil Jalan 20 km	49
4.5.1	Kondisi <i>Grill</i> 25% Waktu Siang Hari	50
4.5.2	Kondisi <i>Grill</i> 50% Waktu Siang Hari	51
4.5.3	Kondisi <i>Grill</i> 75% Waktu Siang Hari	52
4.5.4	Kondisi <i>Grill</i> Terbuka Waktu Siang Hari	53
4.5.5	Kondisi <i>Grill</i> Tertutup Waktu Siang Hari	54
4.6	Hasil Simulasi Aliran Udara pada Kondisi Macet Siang Hari.....	55
4.6.1	Kondisi <i>Grill</i> 25% Waktu Siang Hari	55
4.6.2	Kondisi <i>Grill</i> 50% Waktu Siang Hari	56
4.6.3	Kondisi <i>Grill</i> 75% Waktu Siang Hari	57
4.6.4	Kondisi <i>Grill</i> Terbuka Waktu Siang Hari	58
4.6.5	Kondisi <i>Grill</i> Tertutup Waktu Siang Hari	59

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 61
5.2 Saran 61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 Rekapitulasi Data Real dari Kendaran Bermotor	24
Grafik 3.2 Rekapitulasi Data Real dari Kipas Radiator	26
Grafik 3.3 Rekapitulasi Data Real dari Kipas Radiator	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe Konveksi	7
Tabel 3.1 Rekapitulasi Data BMKG	18
Tabel 3.2 Rekapitulasi Data Suhu Real dari Kendaraan Mobil Honda Civic	23
Tabel 3.3 Rekapitulasi Data Real dari Kipas Radiator	26
Tabel 3.4 Rekapitulasi Data Real dari Kipas Radiator	26
Tabel 3.5 <i>Fan Cooling System</i>	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Different Boundary Layer Flow Region On Plate</i>	8
Gambar 2.2 Skema Sirkulasi <i>Air Coollant</i>	11
Gambar 2.3 FEM representasi dari masalah rekayasa sederhana	13
Gambar 3.1 Rotasi Putaran Mesin (rpm)	17
Gambar 3.2 Alat Pengukur Temperatur	17
Gambar 3.3 Alat dan Bahan	17
Gambar 3.4 Peletakkan kabel pengukur temperatur	17
Gambar 3.5 Ruang Mesin Honda Civic Ferio	17
Gambar 3.6 Desain Sederhana Bentuk Kubus	19
Gambar 3.7 <i>Project</i> yang Ditentukan.....	19
Gambar 3.8 <i>Tool Wizard</i>	20
Gambar 3.9 <i>Tool Wizard</i> dan <i>SI(m-k-g-s)</i>	20
Gambar 3.10 <i>Unit System External Fluids</i>	21
Gambar 3.11 <i>Analysis Type Fluids</i>	21
Gambar 3.12 <i>Fluids Air</i>	22
Gambar 3.13 <i>Solid Material</i>	22
Gambar 3.14 <i>Parameter Definition</i>	23
Gambar 3.15 <i>Tool Computational Domain</i>	24
Gambar 3.16 <i>tool global goals dan tool global surface</i>	25

Gambar 3.17 <i>Rotating Region</i>	25
Gambar 3.18 <i>Surface Material Alloy42</i>	27
Gambar 3.19 Karakteristik <i>Material Alloy 42</i>	28
Gambar 3.20 <i>Surface</i> temperatur <i>Engine</i>	28
Gambar 3.21 <i>surface</i> temperatur <i>body</i>	29
Gambar 3.22 <i>Point Parameters</i>	29
Gambar 3.23 Proses Running Data.....	30
Gambar 3.24 Hasil Aliran Udara.....	30
Gambar 3.25 Hasil Temperatur Engine dan Body.....	31
Gambar 3.26 <i>Finishing Simulation</i>	31
Gambar 4.1 Bagan Simulasi Aliran	32
Gambar 4.2 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 25%</i>	34
Gambar 4.3 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 25%</i>	34
Gambar 4.4 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 50%</i>	35
Gambar 4.5 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 50%</i>	35
Gambar 4.6 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 75%</i>	36
Gambar 4.7 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 75%</i>	36
Gambar 4.8 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill Terbuka</i>	37
Gambar 4.9 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill Terbuka</i>	37
Gambar 4.10 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill Tertutup</i>	38
Gambar 4.11 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill Tertutup</i>	38

Gambar 4.12 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill 25%</i>	39
Gambar 4.13 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill 25%</i>	39
Gambar 4.14 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill 50%</i>	40
Gambar 4.15 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill 50%</i>	40
Gambar 4.16 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill 75%</i>	41
Gambar 4.17 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill 75%</i>	41
Gambar 4.18 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill Terbuka</i>	42
Gambar 4.19 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill Terbuka</i>	42
Gambar 4.20 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill Tertutup</i>	43
Gambar 4.21 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill Tertutup</i>	43
Gambar 4.22 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 25%</i>	44
Gambar 4.23 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 25%</i>	45
Gambar 4.24 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 50%</i>	45
Gambar 4.25 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 50%</i>	46
Gambar 4.26 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill 75%</i>	46
Gambar 4.27 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill 75%</i>	47
Gambar 4.28 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill Terbuka</i>	47
Gambar 4.29 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill Terbuka</i>	48
Gambar 4.30 Kondisi 3000 rpm Mobil Stop <i>Fan On Grill Tertutup</i>	48
Gambar 4.31 Kondisi 1500 rpm Mobil Stop <i>Fan Off Grill Tertutup</i>	49
Gambar 4.32 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill 25%</i>	50

Gambar 4.33 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill</i> 25%.....	50
Gambar 4.34 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill</i> 50%.....	51
Gambar 4.35 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill</i> 50%.....	51
Gambar 4.36 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill</i> 75%.....	52
Gambar 4.37 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill</i> 75%.....	52
Gambar 4.38 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill</i> Terbuka.....	53
Gambar 4.39 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill</i> Terbuka.....	53
Gambar 4.40 Kondisi 3000 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan On Grill</i> Tertutup.....	54
Gambar 4.41 Kondisi 1500 rpm Mobil Jalan 20 km <i>Fan Off Grill</i> Tertutup.....	54
Gambar 4.42 Kondisi 3000 rpm Mobil Macet <i>Fan On Grill</i> 25%.....	55
Gambar 4.43 Kondisi 1500 rpm Mobil Macet <i>Fan Off Grill</i> 25%.....	56
Gambar 4.44 Kondisi 3000 rpm Mobil Macet <i>Fan On Grill</i> 50%.....	56
Gambar 4.45 Kondisi 1500 rpm Mobil Macet <i>Fan Off Grill</i> 50%.....	57
Gambar 4.46 Kondisi 3000 rpm Mobil Macet <i>Fan On Grill</i> 75%.....	57
Gambar 4.47 Kondisi 1500 rpm Mobil Macet <i>Fan Off Grill</i> 75%.....	58
Gambar 4.48 Kondisi 3000 rpm Mobil Macet <i>Fan On Grill</i> Terbuka.....	58
Gambar 4.49 Kondisi 1500 rpm Mobil Macet <i>Fan Off Grill</i> Terbuka.....	59
Gambar 4.50 Kondisi 3000 rpm Mobil Macet <i>Fan On Grill</i> Tertutup.....	59
Gambar 4.51 Kondisi 1500 rpm Mobil Macet <i>Fan Off Grill</i> Tertutup.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Era globalisasi saat ini perkembangan ilmu pengetahuan makin berkembang pesat seiring dengan berkembangnya teknologi khususnya dibidang industri yaitu kendaraan bermotor.

Apabila diperhatikan secara baik teknologi ini tidak terlepas dari manusia dikarenakan dengan adanya teknologi ini dapat mempermudah jalannya roda perekonomian dikehidupan sehari-hari, dimana khususnya kendaraan yang digunakan adalah mobil.

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis lembab dengan letak geografis pada 6°LU – 11°08'LS. Ciri umum iklim tropis lembab adalah temperatur udara yang relatif tinggi 24-32 °C, intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi, dan kelembaban udara yang tinggi 60-95%. Berdasarkan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kalimantan Timur, suhu bulanan rata-rata dari bulan Januari sampai bulan juni 2003 mencapai Low 0°C, Medium 14.32°C dan High 80,0°C dimana radiasi matahari rata-rata mencapai 3,9 W/m°C. Iklim di Indonesia yang cenderung lembab, menyebabkan kinerja mesin menjadi lebih terbebani, terutama mobil. Untuk mengurangi pembebanan pada mesin, diperlukan sirkulasi udara yang baik dan teratur.

Kendaraan produksi terbaru saat ini memiliki perbedaan bahan material produksi dengan kendaraan terdahulu. Pada kendaraan sedan merek Honda pada umumnya memiliki bahan material *engine* yang kuat namun dikarenakan faktor usia maka terjadi penurunan fungsi dari bahan material tersebut. Untuk meningkatkan fungsi kembali dibutuhkan modifikasi bahan material supaya *engine*

dapat bekerja secara optimal. Modifikasi bahan material berupa pendinginan air *coolingsystem* dan *grill air flow* dimana hal ini dipengaruhi oleh iklim tropis.

Pada penelitian ini memiliki objek kendaraan sedan Honda CIVIC SO4 – AT FERIO pemilihan objek tersebut dikarenakan memiliki bahan material yang kuat tetapi dikarenakan faktor usia sehingga kurang optimal pada sistem pendinginnya. Untuk dapat mengetahui dimensi desain *grill* yang baik untuk kendaraan bermotor agar pasokan udara yang dibutuhkan oleh *engine* dapat berperan penting untuk pendinginan. Maka penulis akan melakukan penelitian simulasi aliran udara pada ruang bakar kendaraan bermotor dengan kapasitas mesin 1590 cc.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini diteliti kinerja aerodinamika *grill air flow* yang dibandingkan dengan model terbuka full, terbuka setengah, tertutup full. Adapun *grill* yang akan diteliti secara khusus yaitu terbuka 25%, terbuka 50%, dan terbuka 75%. Sehingga diharapkan dapat diperoleh kinerja *grill air flow* yang sesungguhnya dari suatu konstruksi pada *engine* mobil. Hal ini dilakukan dengan membuat simulasi laju aliran dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini dititik beratkan pada pembahasan sebagai berikut :

1. Menjelaskan tentang spesifikasi pada kendaraan Sedan Civic SO4 Ferio”
2. Menjelaskan tentang cara kerja aliran udara yang masuk keruang mesin dan simulasinya pada kondisi terbuka *full*, tertutup *full* maupun variasi seperti 25% terbuka, 50% terbuka, 75% terbuka pada waktu malam hari dan siang hari dan Kondisi Macet (*extreme*).

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian pada penelitian ini antara lain:

1. Untuk mempelajari dampak bentuk desain *grill* dengan proses perpindahan aliran udara panas penukar kalor fluida panas melepaskan kalor dan diterima oleh fluida dingin pada ruang mesin kendaraan bermotor.
2. Menganalisis dan membandingkan kondisi kendaraan pada saat stop dan berjalan, dengan menggunakan data kecepatan angin BMKG tahun 2003.
3. Untuk mengetahui laju aliran udara dengan menggunakan fan atau tanpa fan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan akan memberi manfaat dalam kontribusinya terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu :

1. Mengetahui dan mempelajari desain *Grill* pada proses laju aliran udara diruang mesin kendaraan bermotor.
2. Sebagai pertimbangan untuk desain *grill* kendaraan di masa depan.
3. Sebagai sarana dan prasana ilmu guna penelitian yang lebih lanjut tentang *Grill Air Flow*.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar kami uraikan materi penulisan tugas akhir ini, dalam komposisi bab sebagai berikut:

- BAB I** : Memberikan gambaran umum yang berisikan latar belakang masalah, maksud dan tujuan pokok bahasan dan batasan masalah, metode penulisan serta sistematika penulisan.
- BAB II** : Memberikan gambaran umum tentang Hubungan aliran udara dengan perpindahan panas, teknologi mesin empat tak, dan *software Solidworks 2016 (CFD)*.
- BAB III** : Metodologi Penelitian membahas yang digunakan pada proses penelitian ini
- BAB IV** : Membahas mengenai hasil – hasil penelitian dan juga berisi tentang analisa dari hasil penelitian beserta pembahasannya. Hasil ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, dan tabel.

BAB V : Bab ini berisi kesimpulan – kesimpulan setelah dilakukan analisa dan pembahasan secara rinci dan berisi mengenai saran yang didasarkan pada hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Tahun 1885, *Karl Benz* membangun *Motorwagen*, mobil pertama yang dijual secara komersil. Mobil tersebut adalah mobil dengan mesin empat langkah dengan bahan bakar bensin hasil rancangannya. *Benz* juga merupakan penemu dari komponen mobil seperti pengapian mobil, busi, sistem transmisi mobil, radiator air dan karburator. *Motorwagen*, mobil pertama dengan bahan bakar bensin. *Motorwagen* menjadi cikal-bakal dari mobil modern yang kita kendarai sekarang.

Penemuan – penemuan mobil tersebut belum membuat para ahli dan penemu mobil tersebut bangga dengan penemuannya, justru ingin terus melanjutkan penelitiannya, diantaranya model dan desain mobil tersebut, karena tanpa didesain secara cermat, setelah diteliti ternyata berpengaruh terhadap kecepatan dari gaya gesekan terhadap udara.

Dunia otomotif merupakan dunia yang penuh dengan pengembangan apabila tidak dilakukan pengembangan teknologi maka dunia otomotif (khususnya mobil). Dari awal mulanya mesin mobil diciptakan oleh *Henry Ford* sampai saat ini telah banyak penemuan atau pengembangan baru setiap tahunnya. Selain itu dibagian mesin terdapat berbagai macam perkembangan teknologi mulai dari kecepatan mesin hingga teknologi material mesin yang bisa menahan panas hingga maksimum 700 °C dan teknologi mesin yang bisa menghemat bahan bakar terdapat pada mobil yang sudah mempunyai DOHC, SOHC, i-dsi, dan VVTi.

Menurut (Rolando A Chaves, 2004) menggunakan metode numerik untuk menghitung koefisien perpindahan panas konveksi alami dan konveksi paksa untuk menyelesaikan persamaan lapis batas plat horizontal maupun vertikal panas pada fluida superkritis. Chaves menggunakan bahasa pemrograman untuk menghitung kecepatan udara dan temperatur disepanjang plat. Hasil dari penelitian Chaves menunjukkan bahwa kecepatan meningkat dengan bertambahnya jarak tegak lurus hingga mencapai titik maksimum, kemudian menurun mencapai batas lapis terendah sehingga menjadi sama dengan temperatur arus bebas.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perpindahan Panas

Panas atau kalor merupakan salah satu bentuk energi. Perpindahan panas adalah fenomena perpindahan energi panas yang disebabkan adanya perbedaan suhu (temperatur). Selama perpindahan panas terjadi temperatur dari tiap-tiap komponen atau benda dimana perpindahan panas itu terjadi konstan atau berubah-ubah. Bila temperatur tersebut konstan, maka proses perpindahan panas tersebut dikatakan stasioner (tidak dipengaruhi oleh waktu) dan bila temperatur tersebut berubah-ubah, maka proses perpindahan panas tersebut tidak stasioner. Mekanisme perpindahan panas yaitu konduksi, dan konveksi menurut (Holman, 1997).

a) Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas sebagai hasil interaksi partikel-partikel yang berdekatan dengan energi lebih tinggi menuju partikel dengan energi lebih rendah. Laju perpindahan panas konduksi pada suatu medium tergantung pada geometri, ketebalan, dan material dari medium, serta perbedaan temperatur. Laju perpindahan konduksi pada suatu lapisan medium sebanding dengan perbedaan temperatur pada lapisan medium dan luasan medium, dan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan medium.

1. Laju Perpindahan Konduksi $q = \frac{\text{Luas} \times \text{Perbedaan Temperatur}}{\text{Ketebalan}}$
2. $Q_{\text{cond}} = -K.A \frac{T_1 - T_2}{\Delta X} = -K.A \frac{\Delta T}{\Delta X}$
3. $Q_{\text{cond}} = -K.A \frac{dT}{dX}$ (*fourier's law of heat conduction*)

Tanda minus dalam persamaan 3 menunjukkan bahwa panas mengalir ke suhu yang lebih rendah. Konduktivitas termal merupakan kemampuan suatu material dalam menghantarkan panas. Daya hantar dan laju perpindahan kalor konduktif ditentukan oleh struktur molekul bahan. Nilai konduktivitas termal yang tinggi menggambarkan material tersebut merupakan konduktor panas yang baik sedangkan material dengan nilai konduktivitas termal yang rendah menggambarkan material tersebut merupakan konduktor panas yang kurang baik atau isolator.

b) Konveksi

Konveksi terjadi dengan dua cara yaitu secara alami dan paksa. Konveksi terjadi secara alami jika terdapat perbedaan berat jenis pada aliran fluida dikarenakan adanya variasi temperatur didalam fluida. Konveksi terjadi secara paksa jika fluida mengalir karena adanya paksaan dari luar, contohnya kipas radiator (blower). Perpindahan panas secara konveksi sebanding dengan perbedaan temperatur dan dinyatakan sebagai berikut :

$$4. \quad Q_{\text{conv}} = h.A (T_s - T_x) \text{ (Newton's law of cooling)}$$

Dimana h adalah koefisien perpindahan panas konveksi dengan satuan $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$. Koefisien perpindahan panas konveksi adalah bukan sifat dari fluida. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi secara eksperimen dipengaruhi oleh parameter geometri permukaan, sifat fluida, kecepatan fluida, Rentang nilai h ditunjukkan oleh tabel

Tabel 2.1 Tipe Konveksi

Tipe Konveksi	h ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$)
Konveksi Alami Pada Gas	2 - 25
Konveksi Alami Pada Cairan	10 - 1000
Konveksi Paksa Pada Gas	25 – 250
Konveksi Paksa Pada Cairan	2500 – 100000

c) Kondisi Batas (*Boundary Condition*) kondisi mula-mula (*initial condition*)

Kondisi awal (*initial condition*) adalah pernyataan matematika dari suatu kondisi termal pada saat mula-mula atau pada saat $t=0$. Kondisi batas (*Boundary Condition*) adalah pernyataan matematika dari suatu kondisi termal pada bagian batas-batas.

2.2.2 Aliran Fluida

a) Aliran Laminar

Aliran Laminar adalah aliran yang bergerak dalam lapisan-lapisan dimana pertukaran momentum dan massa yang terjadi secara molekular dalam skala submikroskopis dari lapisan yang mempunyai kecepatan relatif tinggi menuju

lapisan yang lain yang memiliki kecepatan lebih rendah. Partikel-partikel fluida bergerak secara beruntun mengikuti lintasan yang teratur dan memiliki kecepatan yang tetap. Kecedrungan aliran laminar menjadi turbulen direndam dengan gaya-gaya viskos yang memberikan hambatan terhadap gerak relatif lapisan lapisan fluida. Besar bilangan *Reynold* untuk aliran laminar adalah:

- $Re < 5 \times 10^5$ untuk aliran eksternal
- $Re < 2000$ untuk aliran internal

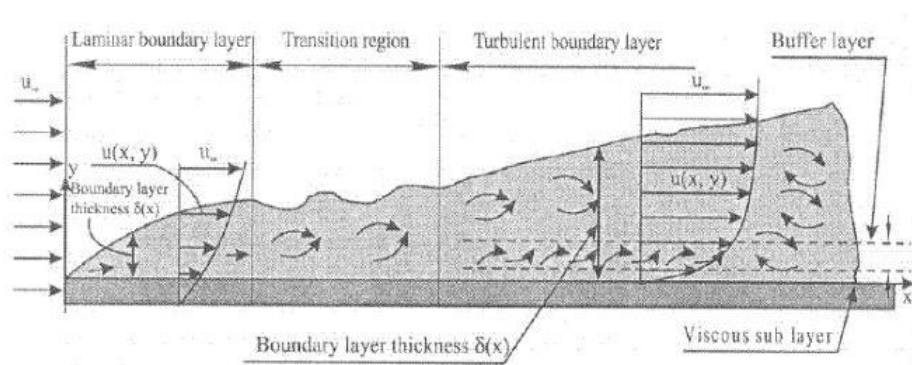
Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk merendam kecendrungan terjadinya gerak relatif antara lapisan (*Cengel, Y.A., 2003*), dan (*Yildiz Bayazitoglu, dan M. Necati Ozisik. 1988*).

b) Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang partikel-partikel fluidanya bergerak secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi dan saling interaksi antar gumpalan-gumpalan fluida. Pada aliran turbulen tidak terlihat lagi adanya lapisan fluida (laminar-laminar) sehingga aliran fluida dianggap sebagai bongkahan fluida yang bergerak secara acak. Besar bilangan *Reynold* untuk aliran turbulen adalah :

- $Re > 5 \times 10^5$ untuk aliran eksternal
- $Re > 4000$ untuk aliran internal

Aliran akan mengalami proses transisi dari aliran laminar ke aliran turbulen sebelum aliran tersebut turbulen. Pada aliran internal, aliran transisi dan aliran laminar ke aliran turbulen terjadi pada bilangan *Reynolds* antara 2000 – 4000. (*Cengel, Y.A., 2003*), dan (*Yildiz Bayazitoglu, dan M. Necati Ozisik. 1988*).



Gambar. 2.1 *Different boundary layer flow regions on a flat plate.*

Sekarang kita memeriksa aliran lapisan batas dalam arah x sepanjang pelat (McGRAW-HILL M.Necati Ozisik.1998). Karakteristik arus ini diatur oleh kuantitas tak berdimensi yang disebut bilangan *Reynolds*, Re_x , didefinisikan sebagai:

Nilai interpolasi adalah:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \text{ atau } y = y_1 + \left(\frac{x-x_1}{x_2-x_1}\right)(y_2 - y_1)$$

$$\boxed{Re_x = \frac{\mu_\infty x}{\nu} = \frac{\textit{inertia force}}{\textit{viscous force}}}$$

Dimana $\mu_\infty = \textit{free-stream velocity}$
 $x = \textit{distance from leading edge}$
 $\nu = \textit{kinematic viscosity of fluid}$

$$\boxed{Re_x = \frac{\mu_\infty x}{\nu} \cong 5 \times 10^5 \text{ maka } Re = \frac{V_\infty L}{\nu}}$$

2.2.3 Teknologi Mesin Empat Tak

A. Prinsip Kerja Mesin Empat Tak

Mesin empat langkah atau lebih dikenal dengan mesin empat tak merupakan mesin yang melakukan 2x pemutaran poros engkol dalam satu siklus. Dengan kata lain, Semakin banyaknya kebutuhan kendaraan bermotor memicu kenaikan konsumsi bahan bakar hal ini berbanding terbalik dengan jumlah kandungan minyak mentah di Indonesia (Gafvert M. dkk, 2004).

B. Sistem pendinginan mesin

Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi. Temperatur sangat tinggi akan mengakibatkan desain mesin menjadi tidak ekonomis, sebagian besar mesin juga berada dilingkungan yang tidak terlalu jauh dari manusia sehingga menurunkan faktor keamanan. Temperatur yang sangat rendah juga tidak terlalu menguntungkan dalam proses kerja mesin. Sistem pendinginan digunakan agar temperatur mesin terjaga pada batas temperatur kerja yang ideal.

Prinsip pendinginan adalah melepaskan panas mesin keudara menjaga supaya temperatur mesin dalam kondisi yang ideal dengan alasan panas pembakaran dari ruang bakar harus dikeluarkan sebesar 32%. Bila tidak ada sistem pendinginan yang baik akan menimbulkan dampak seperti bahan logam akan kehilangan kekuatan bahkan dapat mencair, ruang bebas antara komponen yang bergerak akan terhalang, timbul tegangan termal, dan kemampuan pelumasan turun.

C. Sistem Pendinginan Udara

a. Pendinginan oleh aliran udara secara alamiah

Pada sistem ini panas yang dihasilkan oleh pembakaran gas dalam ruang bakar sebagian dirambatkan keluar dengan menggunakan sirip-sirip pendingin (*cooling fins*) yang dipasang dibagian luar silinder. Pada tempat yang suhunya lebih tinggi yaitu pada ruang bakar diberi sirip pendingin yang lebih panjang daripada sirip pendingin yang terdapat disekitar silinder yang suhunya lebih rendah.

b. Pendinginan oleh tekanan udara

Udara yang menyerap panas dari sirip pendingin harus berbentuk aliran atau udaranya harus mengalir agar suhu udara disekitar sirip tetap rendah sehingga penyerapan panas tetap berlangsung sempurna. Hal ini dapat dicapai dengan jalan menggerakkan sirip pendingin atau udaranya. Bila sirip pendingin yang digerakkan atau mesinnya bergerak seperti pada motor.

D. Sistem Pendinginan Air

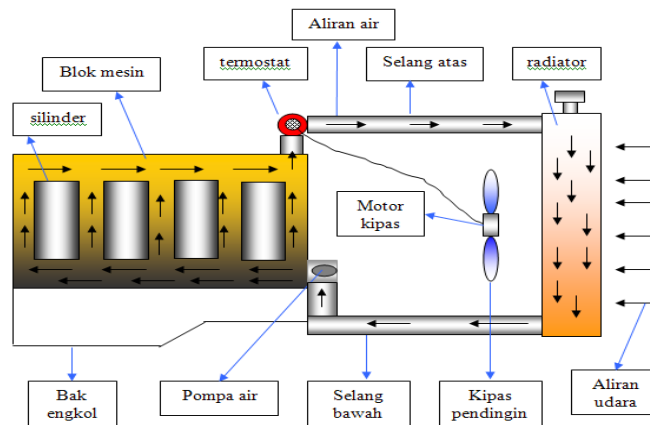
Pada sistem ini sebagian panas darihasil pembakaran dalam ruang bakar diserap oleh airpendingin setelah melalui dinding silinder oleh karena itu diluar silinder dibuat mantel air (*water jacket*). Pada sistem pendinginan air ini air harus bersirkulasi. Adapun sirkulasi air dapat berupa 2(dua) macam, yaitu:

a. sirkulasi alamiah atau *thermo- siphon*

b. sirkulasi dengan tekanan

pada sistem pendinginan air dengan sirkulasi alamiah, air pendinginan akan mengalir dengan sendirinya yang mengakibatkan oleh perbedaan massa jenis

air yang telah panas dan air yang masih dingin. Agar air yang panas dapat dingin, maka sebagai pembuang panas dipasang radiator. Air yang berada dalam mantel air dipanaskan oleh hasil pembakaran sehingga suhunya naik, sehingga massa jenisnya akan turun. Agar pembuangan panas dari radiator terjadi sebesar mungkin maka pada sistem pendinginan dilengkapi juga dengan kipas yang berfungsi untuk mengalirkan udara pada radiator agar panas pada radiator dapat dibuang atau diserap udara.



Gambar 2.2 Skema sirkulasi air coolant(www:google.co.id)

Pada mobil yang menggunakan bahan bakar sebagai sumber tenaga, pasti menghasilkan sumber panas. Hal tersebut normal, yang tidak normal adalah bila panas tersebut menjadi terlalu panas sehingga dapat mengganggu kinerja mesin (*overheating*). Ciri-ciri *overheating* adalah *knocking* atau menggelitik sampai dengan mesin mobil menjadi mati. Idealnya mesin mobil bekerja pada suhu 80°C – 90 °C

E. Grill Air Flow

Fungsi *grill* selain agar penampilan mobil menjadi baik dan juga untuk aliran udara masuk, dan mencegah masuknya kotoran dengan volume besar kedalam ruang mesin untuk mendinginkan radiator dan engine, contoh: pasir kasar dan batu-batuan berukuran kecil maupun berukuran sedang yang dapat merusak fan radiator dan komponen lainnya yang berada dalam ruang mesin kendaraan bermotor. Guna lubang udara sebagai pasokan udara untuk *Throttle Body* dan sebagai pendingin radiator.

2.3 Software Analisis menggunakan *Software Solidworks* (CFD).

Solidworks adalah salah satu *CAD software* yang di buat oleh *Dassault Systems* digunakan untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3D untuk mempresentasikan *part* sebelum *real part*-nya di buat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. Dengan adanya peningkatan kualitas hidup semakin menuntut manusia untuk melakukan berbagai aktivitas yang dibutuhkan dengan mengoptimalkan sumber daya yang dimilikinya. Tanpa kita sadari, sebagian aktivitas yang dilakukan oleh manusia telah didukung oleh *Information Communications Technology (ICT)*. ICT baik secara langsung maupun tidak langsung telah mengubah cara kita hidup, cara kita belajar, cara kita bekerja dan lain-lain.

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode *numeric* dan *algoritma* untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Dalam CFD penggunaan komputer sangat vital karena harus melakukan jutaan perhitungan untuk mensimulasikan interaksi fluida yang digunakan pada bidang engineering. *Software* CFD secara umum dipakai untuk memprediksi:

- Aliran dan panas.
- Transfer massa.
- Perubahan fasa seperti pada proses melting, pengembunan dan pendidihan.
- Reaksi kimia seperti pembakaran.
- Gerakan mekanis seperti piston dan fan.
- Tegangan dan tumpuan pada benda solid.
- Gelombang elektromagnet

2.4 *Finite Element Method* (FEM)

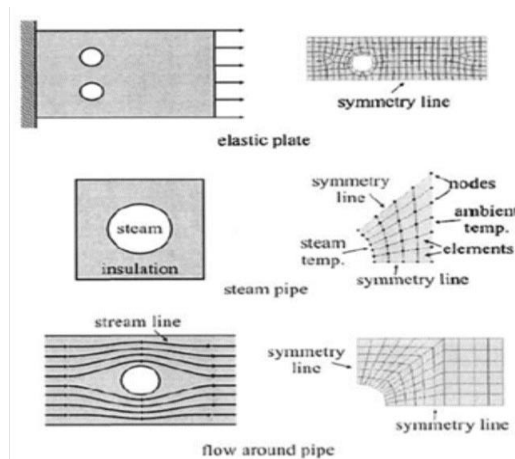
Analisa kekuatan sebuah struktur telah menjadi bagian penting dalam alur kerja pengembangan desain dan produk. Pada awalnya analisa kekuatan dilakukan dengan menggunakan rumusan-rumusan teoritis yang telah banyak tercantum pada buku-buku panduan mekanika struktur dan teknik. Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkanlah berbagai macam metode analisa yang dapat mengatasi hal tersebut, salah satu metode tersebut adalah metode elemen hingga. Metode elemen

hingga adalah sebuah metode yang menggunakan pendekatan numerik untuk menganalisa sebuah struktur untuk mendapatkan solusi pendekatan suatu permasalahan (Ahmad Mufid dan Happy Risdian, 2010).

Adapun dasar dari metode elemen hingga adalah membagi benda kerja menjadi elemen-elemen kecil yang jumlahnya berhingga sehingga dapat menghitung reaksi akibat beban (*load*) pada kondisi batas (*boundary condition*) yang diberikan. Dari elemen-elemen tersebut dapat disusun persamaan-persamaan matriks yang biasa diselesaikan secara numerik dan hasilnya menjadi jawaban dari kondisi beban yang diberikan pada benda kerja tersebut. *Finite Element Method* (FEM) dapat mengubah suatu masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya lebih sederhana (Ahmad Mufid dan Happy Risdian, 2010).

2.4.1 Konsep Dasar

Untuk dapat memahami dengan mudah konsep dasar metode elemen hingga dapat diambil contoh sederhana dari salah satu bentuk struktur mekanika sebagaimana terlihat pada Gambar 2.3 seperti yang sudah diketahui, banyak struktur mekanika terbuat dari beberapa batang yang terhubung dengan menggunakan sambungan-sambungan sehingga membentuk sebuah struktur. Setiap titik penghubung batang-batang tersebut adalah yang disebut sebagai titik nodal.



Gambar 2.3 FEM representasi dari masalah rekayasa sederhana

2.4.2 Pemodelan Elemen Hingga

Setelah mengetahui kondisi-kondisi dasar yang perlu diketahui dalam melakukan analisa struktur, hal lain yang perlu dilakukan adalah pembuatan model itu sendiri. Pada saat ini pemodelan elemen hingga telah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak dan komputer. Walaupun telah dimudahkan dengan piranti lunak tersebut tetapi tetap ada beberapa langkah yang harus dilakukan dalam pembuatan model untuk dianalisa dengan menggunakan elemen hingga.

Tahapan langkah tersebut dapat dijabarkan secara garis besar menjadi sebagai berikut:

1. Pembuatan geometri awal struktur yang akan dianalisis
2. Penentuan jumlah elemen yang akan diberikan pada model geometri tersebut
3. Pembuatan elemen dari hasil pemodelan geometri struktur yang akan dianalisa (*mesh generation*)
4. Pemberian kondisi batas (*constraint/boundary condition*)

Kondisi batas diperlukan untuk menentukan bagaimana model tersebut tertumpu padaudukannya dalam kondisi nyata. Hal ini sangat menentukan bagaimana hasil dari analisa model geometri tersebut. Berbagai macam kondisi batas yang bisa digunakan antara lain *fixed-fixed*, *fixed-free*, *free*, dsb.

5. Penentuan jenis material dan properti dari material yang digunakan, hal ini berkenan dengan massa jenis dari material tersebut, *modulus elastisitas (young modulus, E)*, *poisson's ratio*, dan lain-lain
6. Pemberian kondisi pembebanan (*loading condition*). Kondisi pembebanan yang diberikan pada model struktur bergantung dengan kondisi nyatanya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sedekatan mungkin dengan kondisi kenytaannya.

7. Analisa

Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak FEM (*Finite Element Method*). Jenis analisa yang dapat dilakukan juga bervariasi dari jenis analisa statik, dinamik, *buckling*, maupun analisa perpindahan panas.

2.4.3 Preprocessing (CAE)

Pada tahap (membangun *Finite Element* model, beban dan membatasi) ini harus mendefinisikan model masalah fisik. Model ini biasanya dibuat secara grafis menggunakan CAE atau preprosesor lain, walaupun untuk analisis sederhana dapat dibuat secara langsung dengan menggunakan editor teks.

2.4.4 Simulation (*Finite Element Analysis Solver* / merakit dan memecahkan sistem persamaan)

Simulasi yang biasanya dijalankan sebagai proses latar belakang adalah tahap memecahkan masalah numerik yang didefinisikan dalam model. Contoh output dari analisis tegangan meliputi perpindahan dan tekanan yang tersimpan dalam file biner yang siap untuk proses postprocessing. Tergantung pada kompleksitas masalah yang dianalisis dan kekuatan komputer yang digunakan mungkin diperlukan beberapa detik sampai hari untuk menyelesaikan analisis.

2.4.5 Postprocessing (CAE)

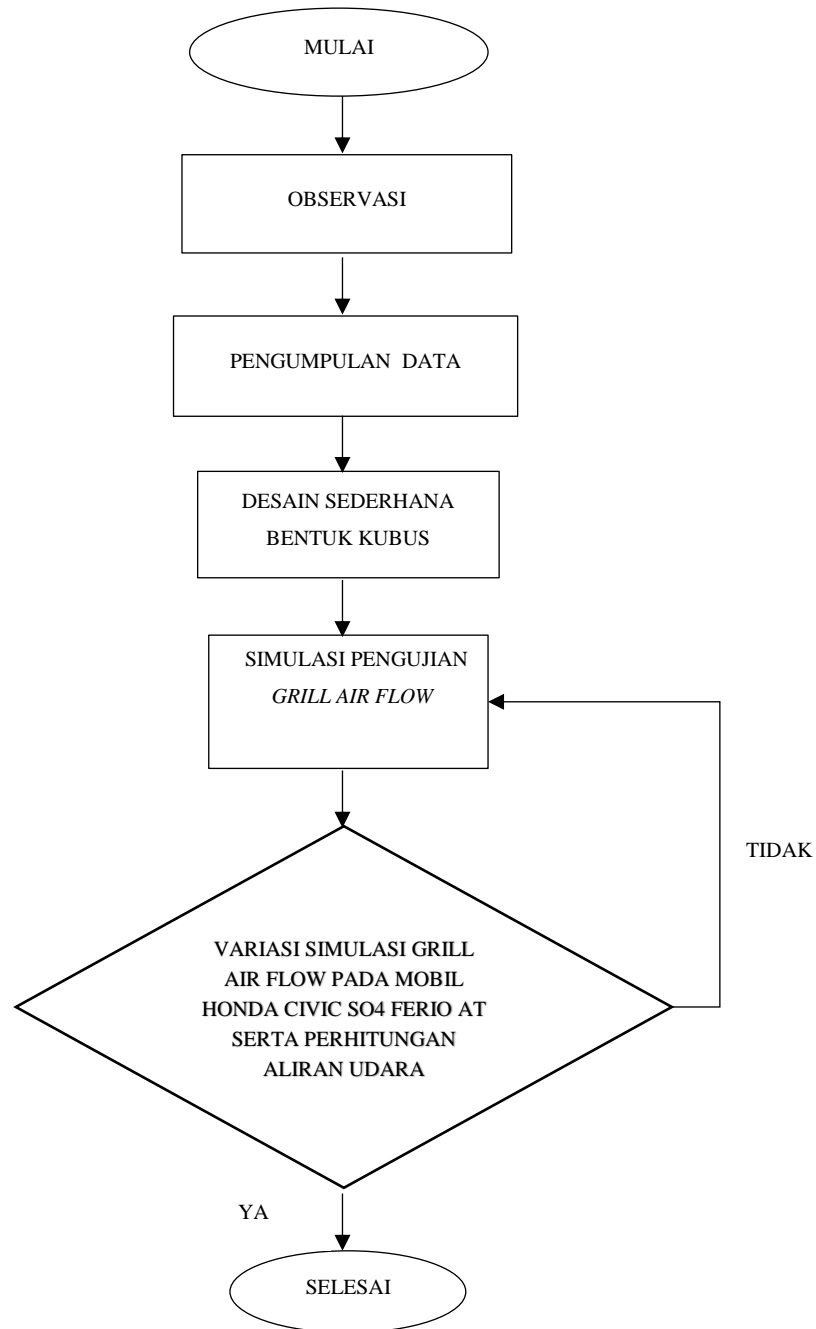
Pada tahap (semacam dan menampilkan hasil) ini bisa mengevaluasi hasilnya setelah simulasi selesai dan perpindahan, tekanan, atau variabel fundamental lainnya telah dihitung. Evaluasi umumnya dilakukan secara interaktif menggunakan modul Visualisasi dari CAE atau postprocessor lain.

BAB III

Metodelogi Penelitian

3.1 Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat di tunjukkan pada diagram alir penelitian yang ada pada alur penelitian.



3.2 Melakukan Observasi

Pada saat memulai simulasi *air flow* yang paling diutamakan menguji spesifik kondisi kendaraan mobil Honda Civic SO4 Ferio tahun 1997 dimana mobil ini memiliki kekuatan bahan material *engine* aluminium yang kuat, tetapi sistem pendinginan yang masih minimalis atau kurang efisien karena faktor umur kendaraan yang sudah lama dibandingkan dengan kendaraan yang terbaru memiliki kekuatan bahan material yang kuat dan diseimbangkan oleh sistem pendinginan yang maksimal maka dari kendaraan mobil honda civic ini dilakukan perbandingan kekuatan bahan material *engine* kendaraan lama dan kendaraan yang terbaru yaitu mendesain *grill* yang sudah ada diukur dan disimulasikan dengan *software CFD*. Mencari letak permasalahan pada kendaraan mobil honda civic yaitu *grill* yang didesain untuk mengetahui aliran fluida udara yang masuk *kegrill* dan mengetahui perpindahan panas pada ruang mesin kendaraan bermotor.

Langkah pertama dalam melakukan analisa *grill air flow* adalah mengambil data real dari sebuah kendaraan sedan tipe HONDA CIVIC SO4 Ferio Tahu 1997. Dimana melakukan pengukuran tersebut temperatur panas pada engine kemudian melepaskan *fan* untuk tidak bekerja sementara untuk pengujian mendapatkan hasil suhu yang didapat setiap rpm *engine*. Kemudian start ON *engine* untuk menemukan hasil temperatur panas yang mulai dari rpm 1000 sampai rpm 3000 dimana waktu yang dibutuhkan untuk menjedah selama 5 menit dan dilakukan secara berurutan hingga hasil temperatur yang ada pada alat ukur tersebut bisa mendapatkan hasil yang real. Langkah berikutnya memasang kabel kawat kesilinder *engine* kemudian *setting* alat ukur suhu dari nol dan mencatat hasil alat ukur suhu temperatur. Langkah berikutnya menekan pedal gas untuk mendapatkan rpm 1000 sampai rpm 3000. selanjutnya mengembalikan komponen radiator yang dilepas tadi seperti semula. Sesudah mendapatkan hasil tersebut langsung membuat didesain sederhana berbentuk *kubus (black box)* asumsi untuk mendapatkan hasil aliran udara pada simulasi.



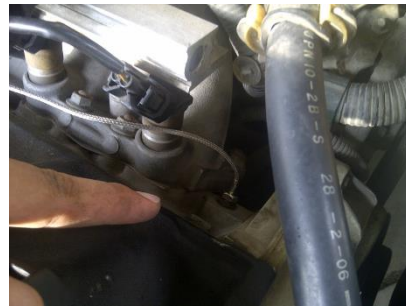
Gambar. 3.1 Rpm



Gambar. 3.2 Temperatur



Gambar. 3.3 Alat dan Bahan



Gambar. 3.4 peletakkan konektor suhu



Gambar. 3.5 Ruang Mesin Honda Civic Ferio

Langkah kedua adalah mendesain *engine* dan *body* kendaraan bertujuan untuk melakukan simulasi *air flow*. Desain selanjutnya fan untuk memberikan udara yang dipaksa agar mendinginkan *engine* melewati radiator *coolant* sehingga panas yang keluar oleh silinder pembakaran dapat dikondisikan untuk stabil dan tidak dapat panas yang berlebih atau *over head*. Simulasi ini dilakukan pada kondisi siang dan malam dan kondisi macet. Jadi untuk melakukan simulasi ini harus dilakukan

secara berulang-ulang sehingga mendapatkan hasil aliran udara yang akurat serta perhitungan laju aliran udara perpindahan panas seperti konveksi paksa dan konveksi alamiah.

3.3 Pengumpulan Data

Setelah melakukan observasi masalah ditemukan bahwa permasalahan terdapat pada *grill* yang kurang maksimal adapun data-data yang dibutuhkan adalah mencari kecepatan angin dari BMKG, kecepatan kendaraan 20km/h, temperatur *body* kendaraan diasumsikan suhu 40°C, temperatur *engine* RPM (rasio putaran mesin), dan menentukan *Fan* (kipas radiator).

Tabel 3.1 Rekapitulasi data BMKG

DATA BMKG DI PROVINSI KALIMANTAN TIMUR TAHUN 2003							
Provinsi	Stasiun BMKG	Kecepatan Angin (km/jam)			Kelembaban		
Kategori		Low	Med	High	Low	Med	High
Kalimantan Timur	Temindung	0	6,84	28,0	46,7	75,47	95,3
	Juvai Semaring	0	5,12	80,0	41,3	74,94	97,7
	Tanjung Selor	0	3,02	80,0	42,3	75,64	95,7
	Sepinggan	0	14,32	80,0	58,3	80,98	99
	Sangkulirang	0	3,32	11,0	68,1	74,83	83,1
	Berau	0	3,6	80,0	54,3	77,22	98,3
	Juwata	0	3,69	30,0	43,7	77,34	98

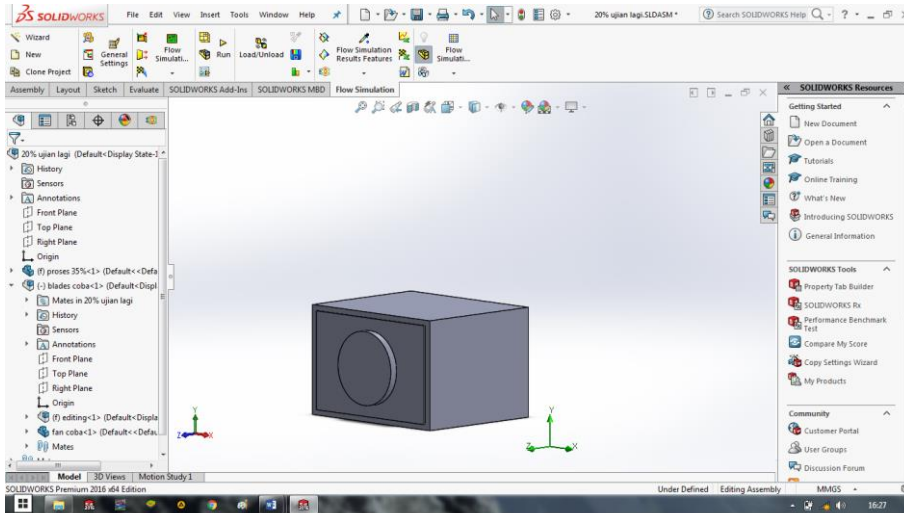
Sumber : Hasil data Badan Pusat Statistik

3.4 Metode Desain Konsep

Dalam menentukan konsep desain pada penelitian ini menggunakan *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Penelitian ini menentukan desain yang akan dibuat untuk diambil salah satu yang terbaik untuk simulasi *grill air flow*. Untuk tahapan gambar desain model sederhana bentuk *kubus (black box)* dan kipas radiator.

Dilanjutkan untuk mengetahui laju aliran udara yang masuk ke *grill* sebagai berikut:

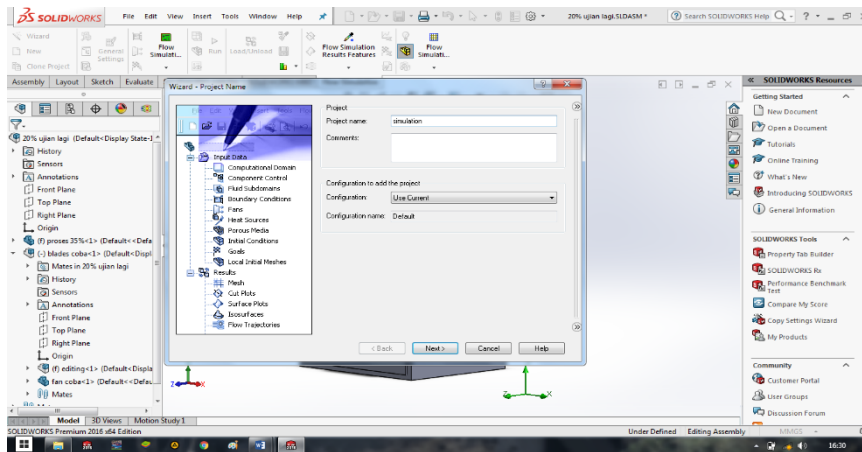
3.4.1 Desain sederhana



Gambar 3.6 Desain sederhana

Berdasarkan desain yang realnya, terdapat kendala pada lekukan yang rumit sehingga dialiran udaranya sangat sulit ketika di *meshing*. Dikarenakan *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*, yang masih banyak aplikasi yang kurang maksimal untuk simulasi *air flow*. Proses desain pertama pada tugas akhir ini dilakukan mencari perubahan bentuk pada *grill* yang lebih efisien dan bisa menimaliskan kekurangan yang ada pada kendaraan saat ini.

3.4.2 Desain Kedua

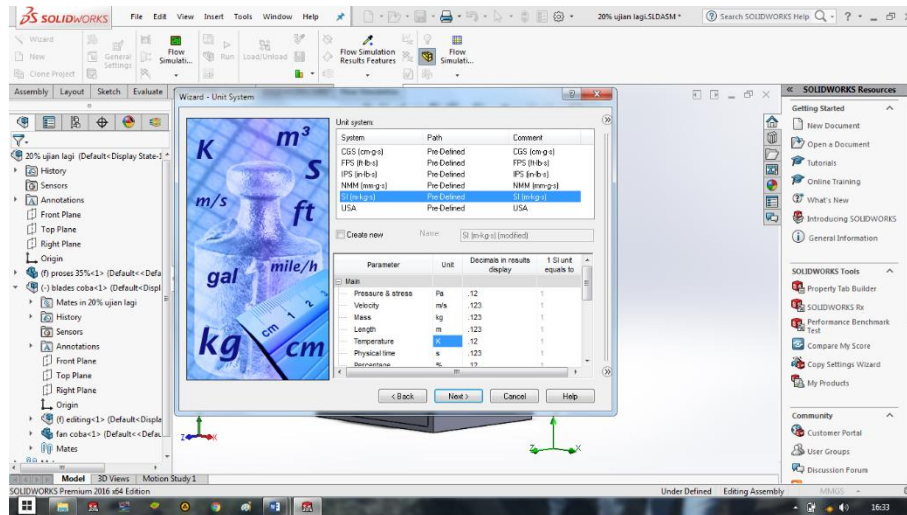


Gambar 3.7 Project yang ditentukan

Pada proses selanjutnya dilakukan simulasi pengujian aerodinamis model desain dengan *software Computational Fluid Dynamic (CFD)*, untuk melihat

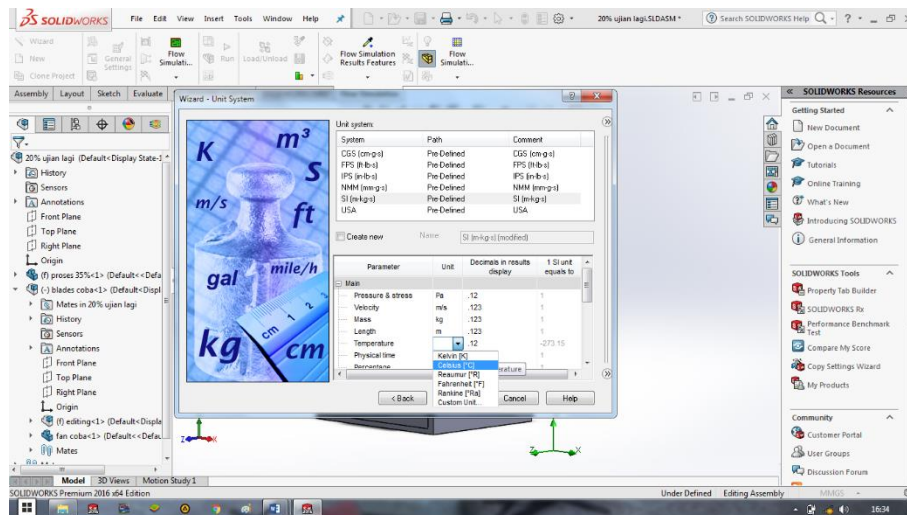
terjadinya aliran udara pada grill dan mendapatkan data yang akan menjadi bahan untuk grafik di excel. Berikut proses simulasi pengujian *grill air flow* pada CFD terdapat beberapa tahapan.

1. Tahapan pertama : membuka *tool wizard*



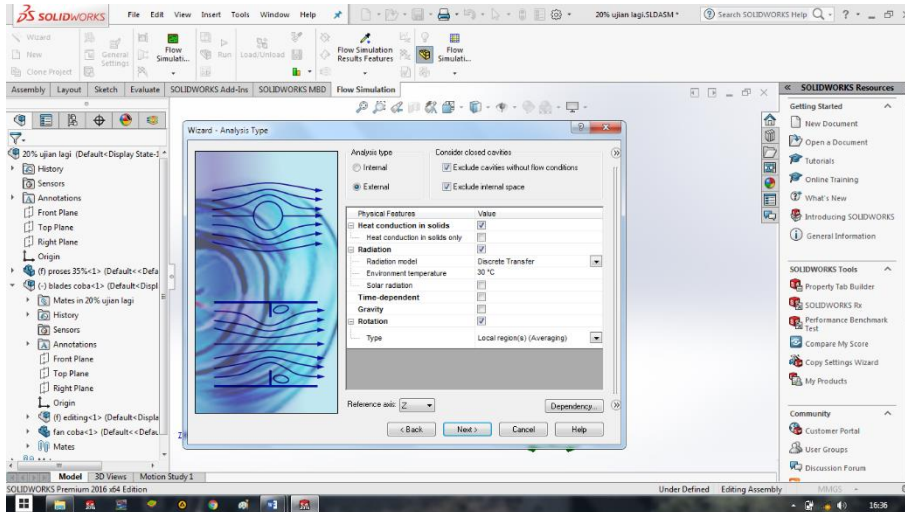
Gambar 3.8 *tool wizard*

Langkah awal simulasi klik satuan pada *unit system* yaitu *SI(m-k-g-s)*.



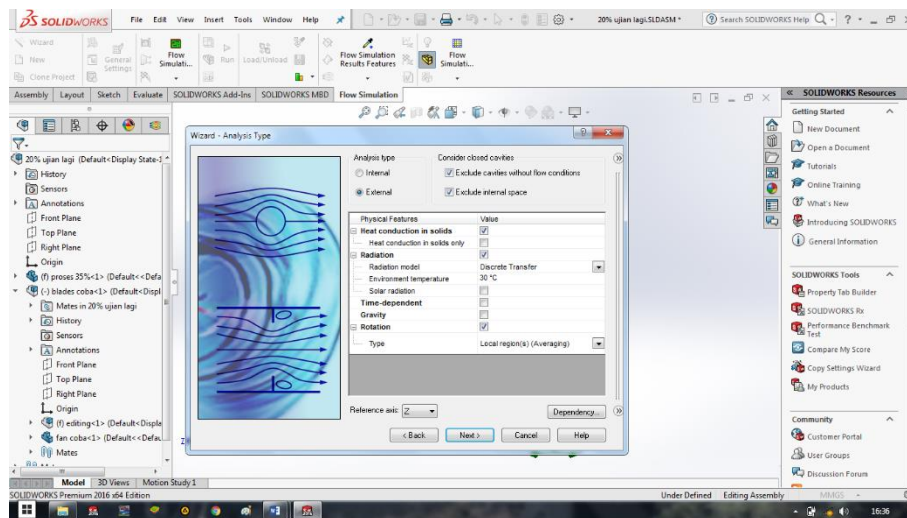
Gambar 3.9 *tool wizard* dan *SI(m-k-g-s)*

Langkah selanjutnya simulasi klik pilihan parameter *temperature* agar diubah dari *kelvin* ke *celcius*.



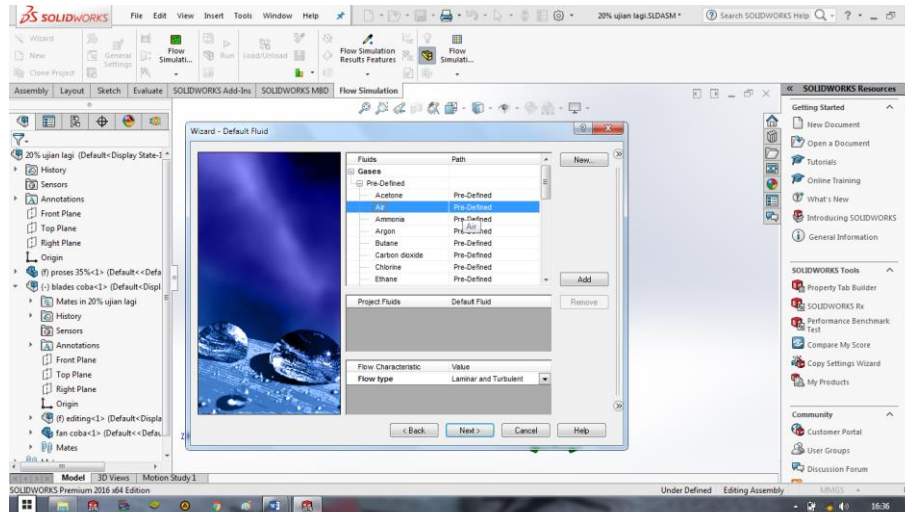
Gambar 3.10 Unit System External Fluids

Langkah selanjutnya klik external kemudian centang *exclude cavities without flow conditions* dan *exclude internal space*



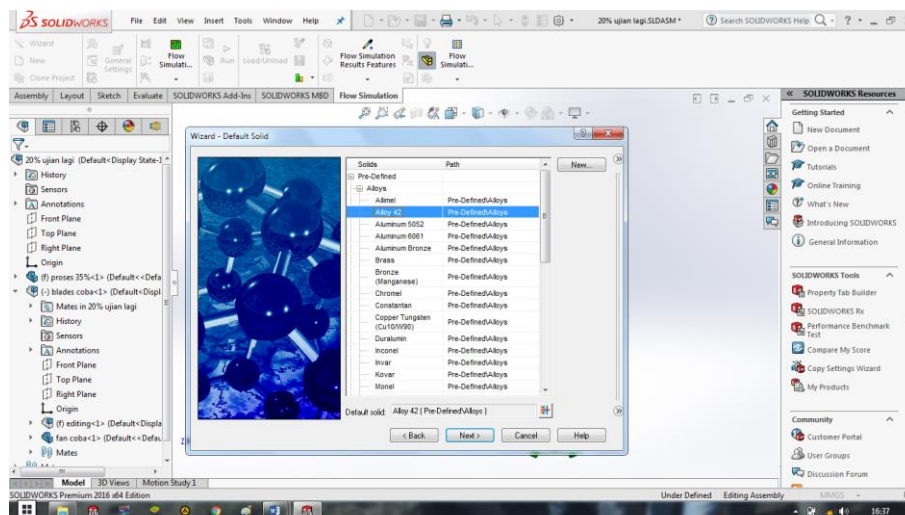
Gambar 3.11 Analysis Type Fluids

Langkah selanjutnya pada *physical features* centang *heat conduction in solids* lalu centang *radiation* kemudian masukan nilai 30°C pada *environment temperature* dikarenakan suhu panas bumi saat ini ditentukan oleh BMKG sekitar 30°C. selanjutnya centang *rotation* untuk menentukan fan radius selanjutnya *reference axis* diganti Z bertujuan untuk mentukan arah aliran udara ke arah sumbu Z.



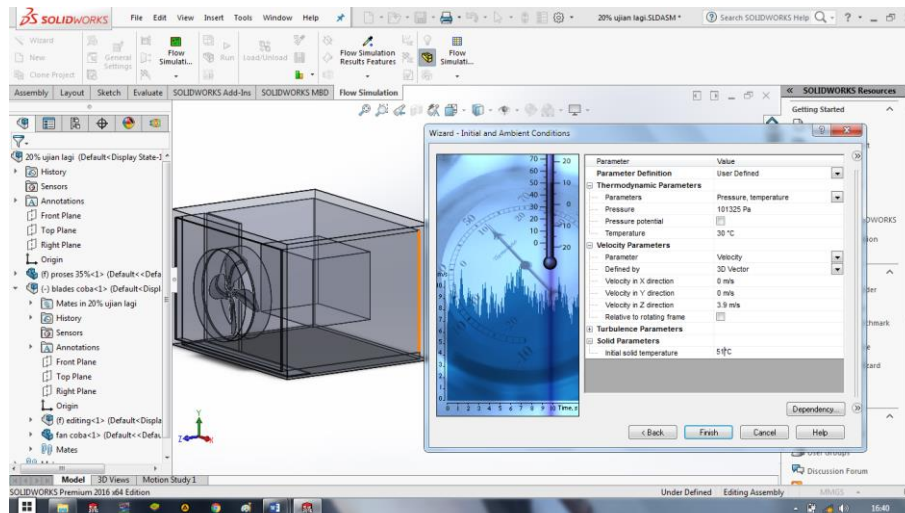
Gambar 3.12 *Fluids air*

Langkah selanjutnya pilih fluida yang udara atau *fluids air* lalu klik *next*



Gambar 3.13 *solid material*

Langkah selanjutnya memilih bahan material *engine* yaitu *alloy42* lalu klik *next*. Material ini dipilih agar bisa menahan panas yang lebih agar panas yang dihasilkan oleh *engine* dapat bertahan cukup lama dalam kondisi suhu temperatur tinggi dan kemudian sumber panas dari *engine* bisa di turunkan hingga kondisi suhu temperatur stabil oleh *Fan* dan *Radiator Coollant*.



Gambar 3.14 parameter definition

Langkah selanjutnya mengatur parameter-parameter mengenai satuan, suhu dan besaran gaya yang akan diperlukan pada pengujian simulasi *grill air flow* yaitu masukan nilai 30°C pada *temperature* kemudian masukan nilai 3,9 m/s pada *velocity in Z direction* kemudian masukan nilai *initial solid temperature* 81°C adalah nilai suhu untuk *engine*.

Adapun nilai dari 3.9 km/h didapat dari konversi kecepatan angin menurut BMKG
 $14,32 \text{ km/h} = 3,9 \text{ m/s}$ —> kondisi mobil stop

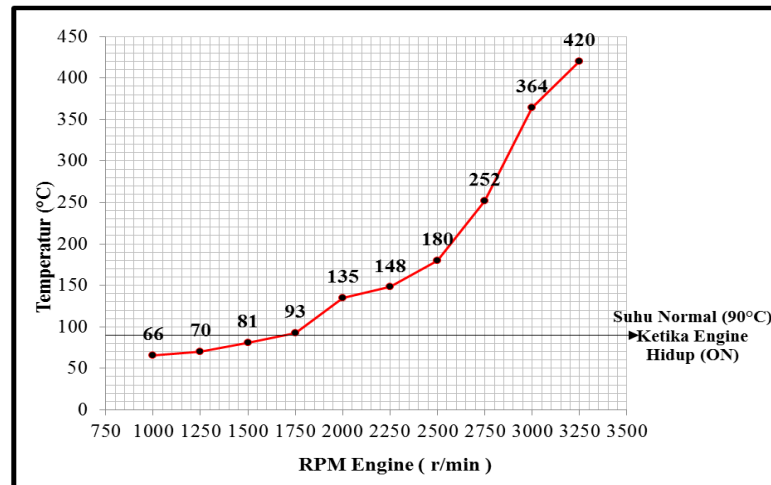
$20 \text{ km/h} = 5,5 \text{ m/s}$

$5,5 \text{ m/s} + 3,9 \text{ m/s} = 9,4 \text{ m/s}$ —> kondisi mobil jalan dengan kecepatan 20 km/h.

Sedangkan nilai 81° C didapatkan dari data real mobil HONDA CIVIC SO4 AT, dengan tabel dan grafik sebagai berikut:

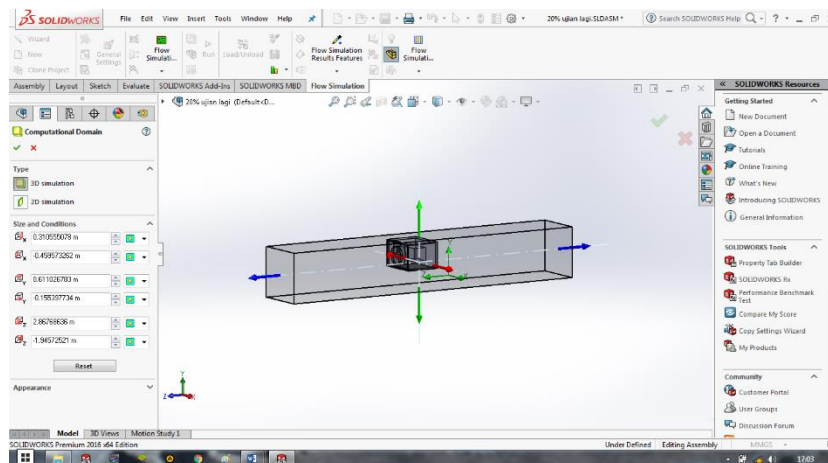
Tabel 3.2 Rekapitulasi data Real dari Mobil

RPM	celcius (°C)
1000	66
1250	70
1500	81
1750	93
2000	135
2250	148
2500	180
2750	252
3000	364
3250	420



Grafik 3.1 Rekapitulasi data Real dari Mobi

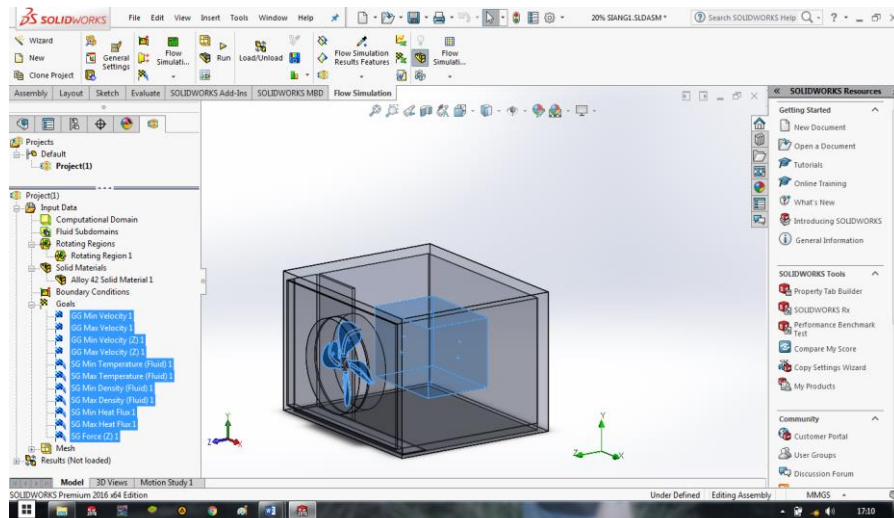
2. tahap kedua : mengatur nilai pada *tool computational domain*



Gambar 3.15 *tool computational domain*

Langkah selanjutnya mengatur geometri untuk menentukan aliran udara dari sumbu Z dan menentukan laju aliran udara yang masuk dari *fan* kedalam ruang mesin.

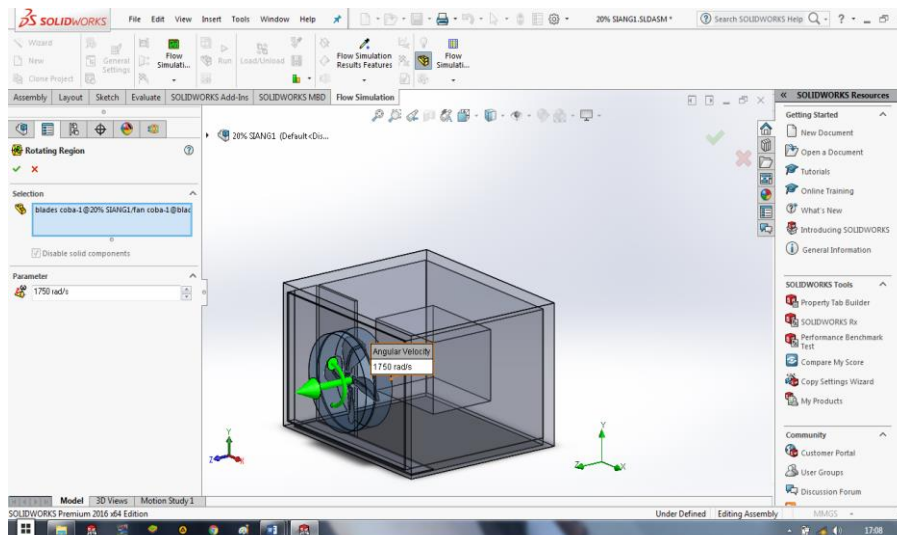
3. Tahap ketiga : mengatur arah udara pada *tool global goals* dan *tool global surface*



Gambar 3.16 *tool global goals* dan *tool global surface*

Langkah selanjutnya menentukan aliran udara yang akan dilewati oleh *fan* dan *engine* sehingga aliran udara yang masuk akan mengenai seluruh *fan* dan seluruh *body engine*.

4. Tahap Keempat : mengatur arah tekanan udara pada *Rotating Region*



Gambar 3.17 *Rotating Region*

Langkah selanjutnya mengatur putaran *fan* ketika kondisi otomatis hidup dengan delay 10 detik maupun digunakan ketika macet dan *temperature engine* naik maka fan secara otomatis hidup dan mati, dan membantu *engine* tetap suhu

stabil tidak terlalu panas tinggi. Dengan memasukan parameter *rotating region* 1750 rpm pada kondisi *Low* (terendah), dan 2900 rpm pada kondisi *High* (tertinggi).

Adapun nilai dari 1750 dan 2900 rpm didapat dari konversi Radian Per Menit (RPM) ke Radian Per Second (Rad/s).

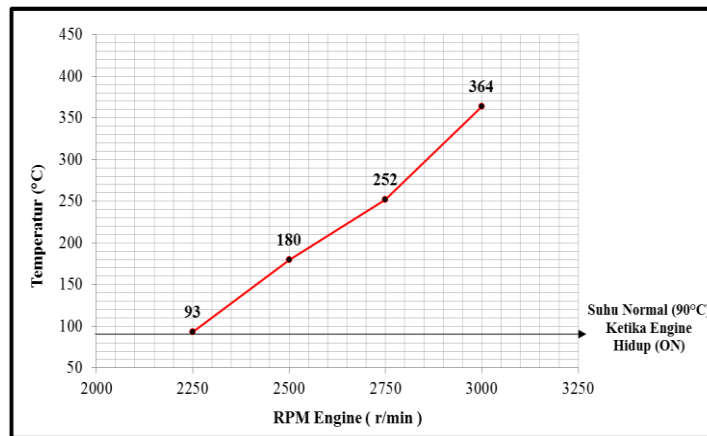
$$1 \text{ Rpm} = 1 \times \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}$$

$$1750 \text{ rpm} = 1750 \times \frac{2 \times 3.14}{60} \text{ rad/s} = 183.16 \text{ rad/s}$$

$$2900 \text{ rpm} = 2900 \times \frac{2 \times 3.14}{60} \text{ rad/s} = 303.53 \text{ rad/s}$$

Tabel 3.3 Rekapitulasi data Real Fan Radiator

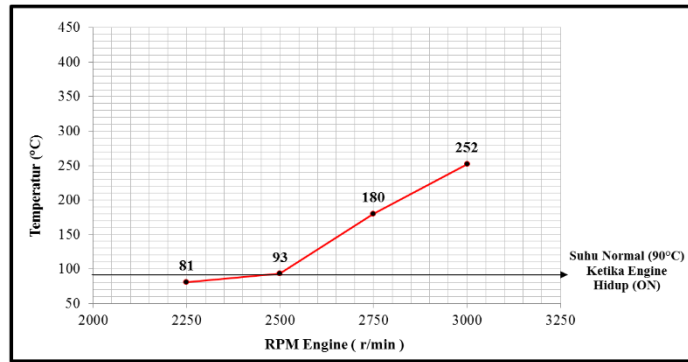
RPM FAN	RPM Engine	Celcius (°C)
1750 rpm	2250	93
	2500	180
	2750	252
	3000	364



Grafik 3.2 Rekapitulasi data Real Fan Radiator

Tabel 3.4 Rekapitulasi data Real Fan Radiator

RPM FAN	RPM engine	celcius (°C)
2900 rpm	2250	81
	2500	93
	2750	180
	3000	252



Grafik 3.3 Rekapitulasi data Real Fan Radiator

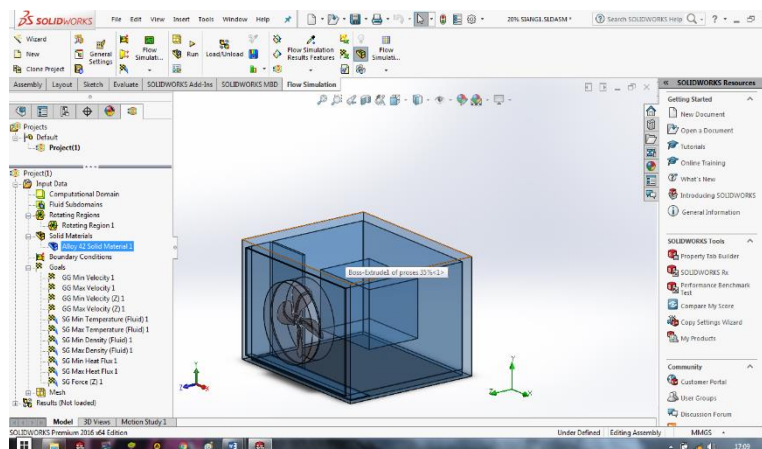
Adapun spesifikasi *Fan cooling* motor didapat dari *logbook* Honda Astra Motor *Fan Cooling Motor for Honda Car*

1. *Voltage/Current*: 120-220V
2. *Frequency*: 50/60Hz
3. *Speed*: 2900RPM

MODEL	SIZE	VOLTAGE	STATOR DIA	SPEED SECTRION	INPUT	CURRENT	SPEED RPM	ROTATION
YY8015D Honda Civic	30cm	120VAC- 220VAC 50HZ/60HZ	80MM	H	65W	0.32A	2900RPM	CW/CCW
				M	54W	0.28A	2000RPM	CW/CCW
				L	35W	0.15A	1500RPM	CW/CCW
YY8025D Honda CRV	50cm	120VAC- 220VAC 50HZ/60HZ	80MM	H	180W	0.62A	2878RPM	CW/CCW
				M	130W	0.36A	2600RPM	CW/CCW
				L	80W	0.32A	2400RPM	CW/CCW

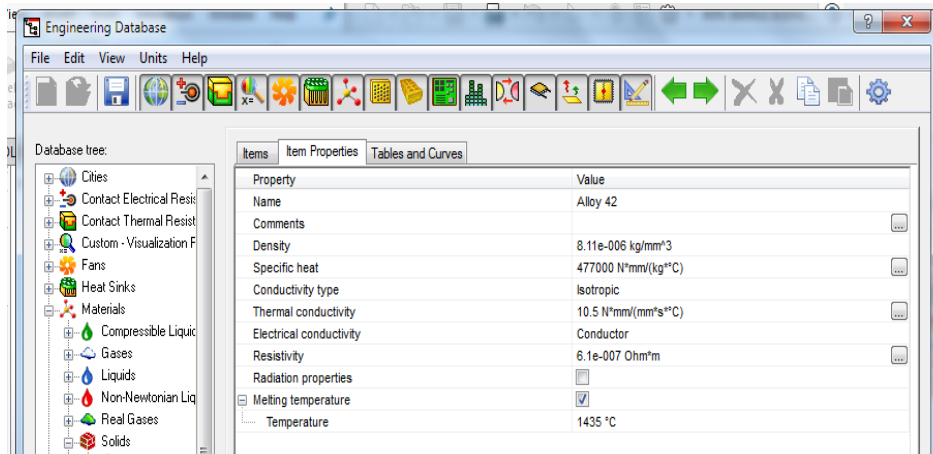
Sumber: Tabel Honda Astra Motor

5. Tahap Kelima : mengatur material *body* mobil



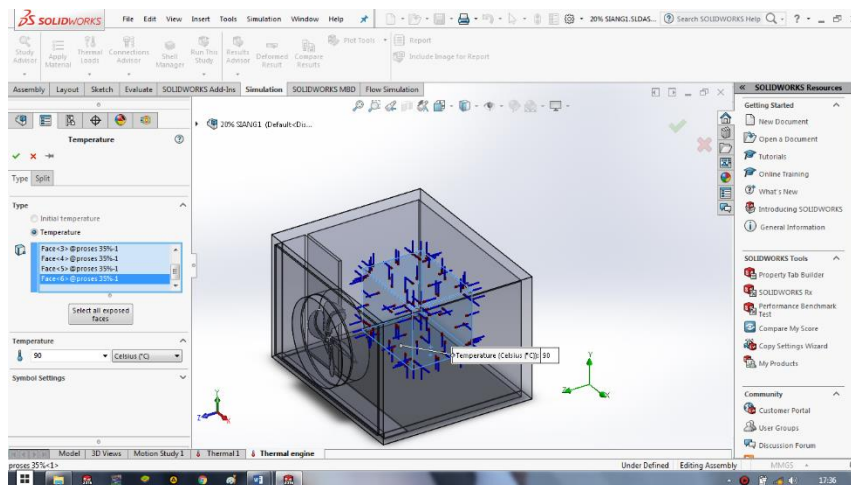
Gambar 3.18 *surface material alloy42*

Langkah ini adalah menentukan kondisi temperatur *surface* pada *body* mobil pada waktu siang hari dengan menggunakan material *Alloy42* yang menahan panas suhu bertemperatur maksimum 1435°C.



Gambar 3.19 Karakteristik *Material Alloy42*

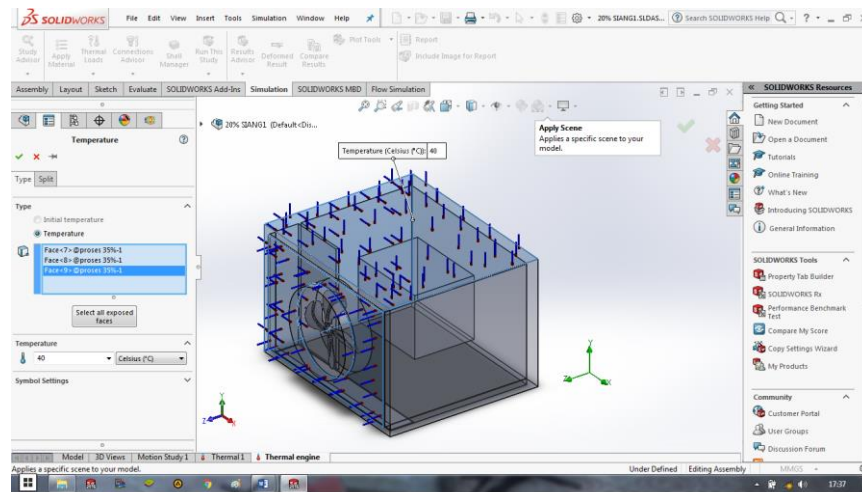
6.Tahap Keenam : mengatur kondisi temperatur *engine*



Gambar 3.20 *surface* temperatur *engine*

Langkah ini adalah menentukan kondisi temperatur *surface* pada *engine* mobil.

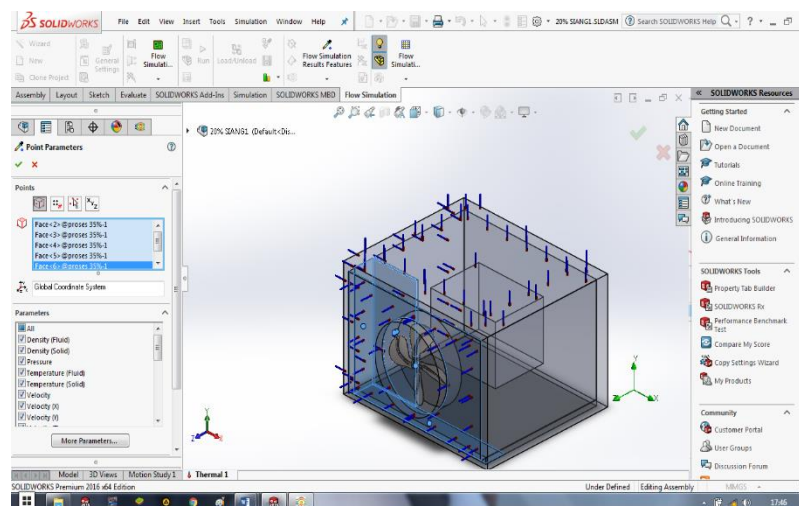
7. Tahap Ketujuh : mengatur kondisi temperatur *body* mobil *wall temperature*



Gambar 3.21 *surface* temperatur *body*

Langkah ini menentukan nilai temperatur *body* mobil pada waktu siang hari

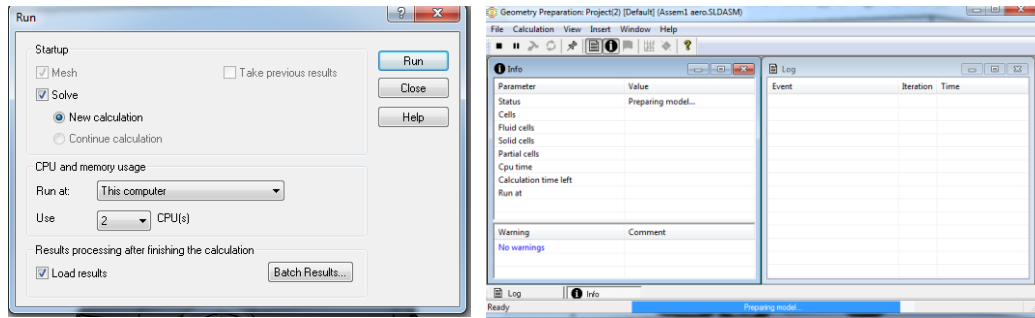
8. Tahap Kedelapan : mengatur aliran udara dengan *Point Parameters* yang akan masuk ke *Grill*



Gambar 3.22 *Point Parameters*

Langkah selanjutnya *Point Parameters* adalah menentukan jalur aliran udara yang dari luar masuk ke *fan* dan melewati *body engine* dan ruang *engine* kemudian keluar melewati dibawah *body* kendaraan.

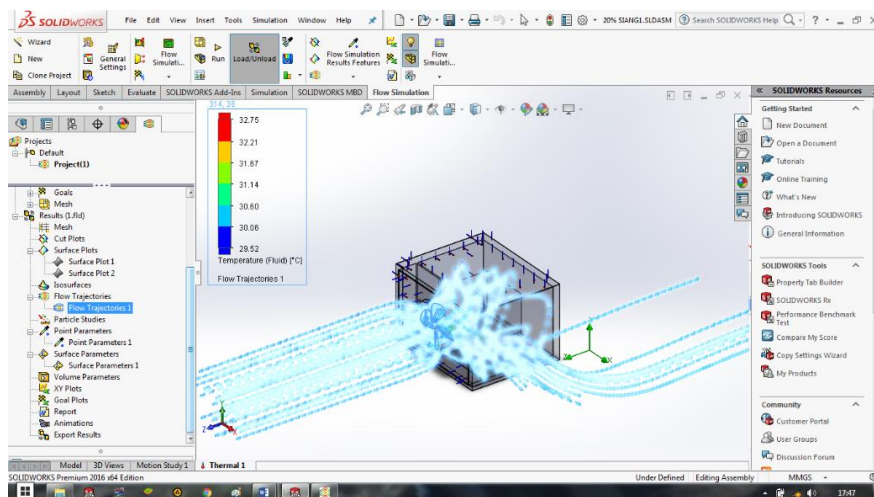
9. Tahap Kesembilan : proses *Run data*



Gambar 3.23 Proses *Running Data*

Langkah ini proses *running data* untuk memulai gerakan aliran udara dan menampilkan grafik *iteration* dari simulasi ini.

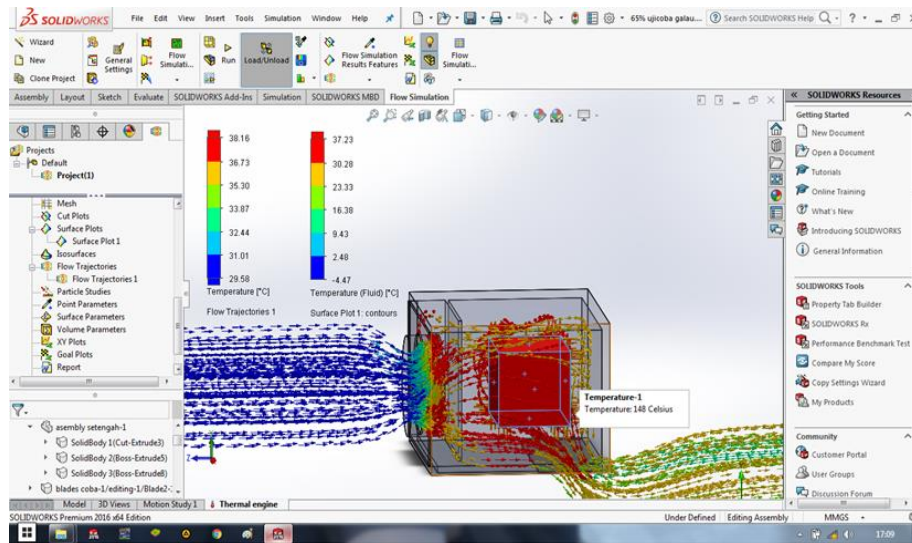
10. Tahap Kesepuluh : proses *Flow Trajectories* untuk menampilkan hasil simulasi



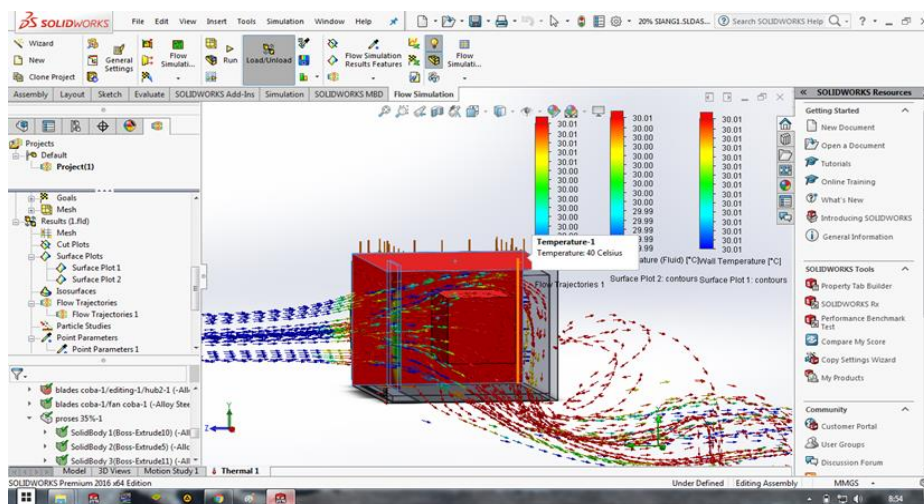
Gambar 3.24 Hasil Aliran Udara

Langkah ini adalah aliran udara yang sudah ditentukan oleh nilai dari data mobil yang saya analisa.

11. Tahap Kesebelas : hasil *Flow Trajectories* dan menampilkan hasil simulasi udara yang terjadi ke *Grill* dan *Engine*



Gambar 3.25 Hasil Temperatur *Engine* dan *Body*



Gambar 3.26 *Finishing Simulation*

Langkah ini adalah hasil proses simulasi dari *software CFD* dimana data mobil Honda Civic SO4 AT Ferio sudah dimasukan temperatur *body engine* dan temperatur *engine*, setelah itu hasil simulasi aliran udara, temperatur *engine* dan *body* yang terlihat dari gambar 3.25 dan gambar 3.26.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN

4.1 Analisa Aliran Udara Pada Ruang Mesin

Besar bilang *Reynold Number* yang terjadi pada suatu aliran dapat menunjukkan apakah profil aliran udara tersebut laminar, transisi, atau turbulen. Dari angka yang sudah ditentukan oleh bilangan *Reynold Number* adalah $Re < 2000$ merupakan batas aliran udara laminar dan angka lebih besar dari $Re > 4000$ merupakan aliran turbulen. Maka proses simulasi didapatkan hasil untuk menentukan laju aliran perpindahan panas secara konveksi paksa dan konveksi alamiah dengan kondisi *grill* terbuka full, 25%, 50% ,75% dan tertutup full.

Pada aliran udara yang melintasi plat rata nilai bilangan *Reynold Number* kritis adalah 5×10^5 . Untuk $Re < 5 \times 10^5$ maka persamaan yang digunakan adalah persamaan aliran udara laminar sedangkan $Re > 5 \times 10^5$ maka persamaan yang digunakan adalah aliran udara turbulen. Karakteristik lain yang mempengaruhi pengukuran laju aliran udara adalah temperatur pada mesin dan tekanan fluida tersebut, khususnya bila fluida tersebut adalah gas. Hal ini disebabkan karena massa jenis (ρ) fluida gas yang sangat dipengaruhi oleh kedua besaran yang disebutkan diatas.

$$Re = \frac{V \infty L}{\nu}$$

4.1.1 Perhitungan Bilangan *Reynold Number*



Gambar 4.1 Bagan Simulasi Aliran

Dalam bagan diatas ditunjukkan aliran udara masuk melalui *Grill* menuju ruang mesin (*kubus*) untuk kondisi laju aliran udara dengan kecepatan angin BMKG yaitu 3.9 m/s, temperatur mesin pada 3000 rpm adalah 420°C, aliran udara tersebut menuju mesin (*kubus*) dengan asumsi dimensi mesin (*kubus*) 900mm x 600mm. Bilangan Re-nya yaitu:

Sifat udara pada tekanan 1 atm dan temperatur rata-rata $(420+30)/2= 498,15$ K

$$v@1atm= 37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Untuk nilai V didapat dari tabel *Appendix B Physical Properties* (McGraw-Hill, Elements Of Heat Transfer).

$$Re = \frac{(9,4 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,9 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 2,2 \times 10^5$$

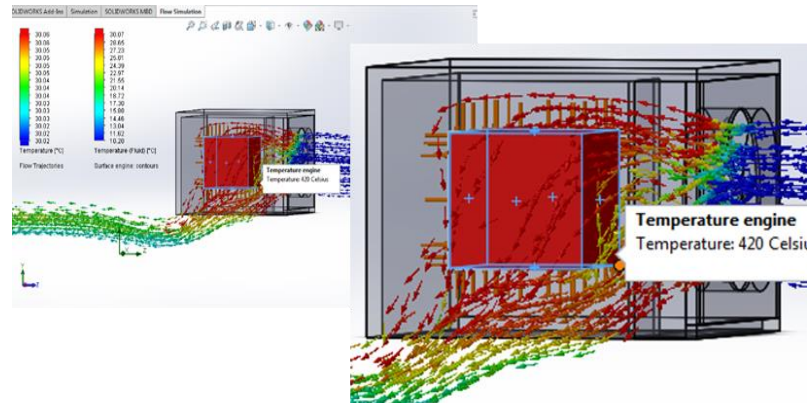
$Re < 5 \times 10^5$ sehingga aliran udara adalah turbulen (perhitungan Re untuk kondisi yang *terlampir Bab III Rpm Engine*).

Jika dibandingkan dengan aliran laminar yang aliran lurus maka dapat diambil kesimpulan bahwa arah aliran udara berpengaruh terhadap perpindahan panas yang terjadi karena sifat udara yang bervariasi terhadap temperatur, maka aliran transisi dan turbulen berbentuk lurus hingga menyebar secara acak.

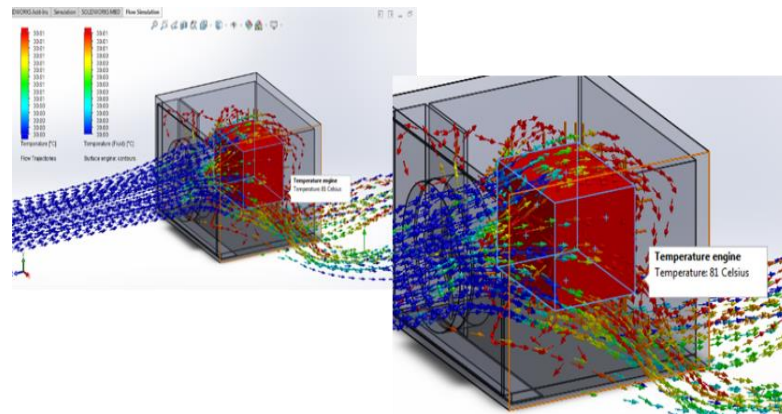
4.2 Hasil Pengujian *Grill Air Flow Model Desain Solidworks* kondisi waktu Malam Hari Kondisi Mobil Stop.

Pada pengujian ini suhu mesin diambil dari 1500 rpm yaitu 81°C karena diasumsikan batas maksimal panas suhu mesin diantara 88°C – 90°C untuk kondisi kipas pendingin tidak menyala atau laju aliran udara konveksi alami, diambil dari suhu 420°C di 3000 rpm untuk kondisi kipas pendingin menyala maka laju aliran udara konveksi paksa. Simulasi ini diuji untuk mengetahui perpindahan panas yang dihasilkan oleh mesin pada kendaraan bermotor agar suhu mesin pada saat bekerja tetap optimal tidak terjadi panas yang tinggi, udara yang masuk melalui grill hingga menuju ruang mesin dalam kondisi tidak ada benda bebatuan ukuran kecil atau ukuran sedang maupun pasir halus yang dapat merusak komponen diruang mesin.

4.2.1 Kondisi *Grill 25%* Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.2 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*

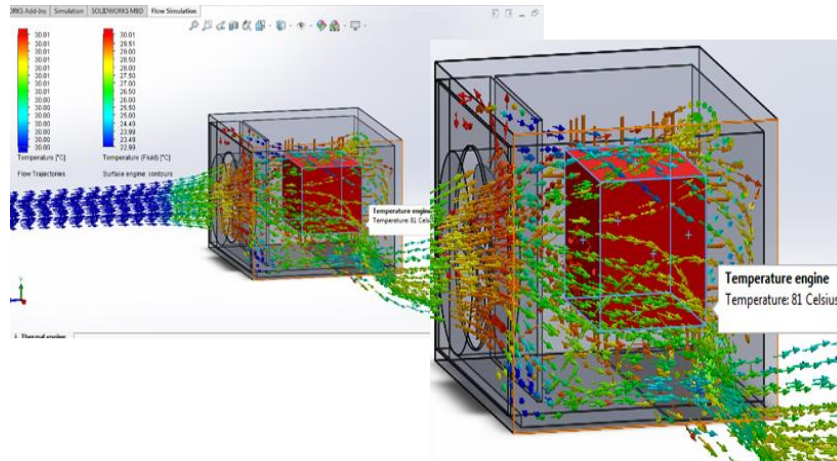


Gambar 4.3 Kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

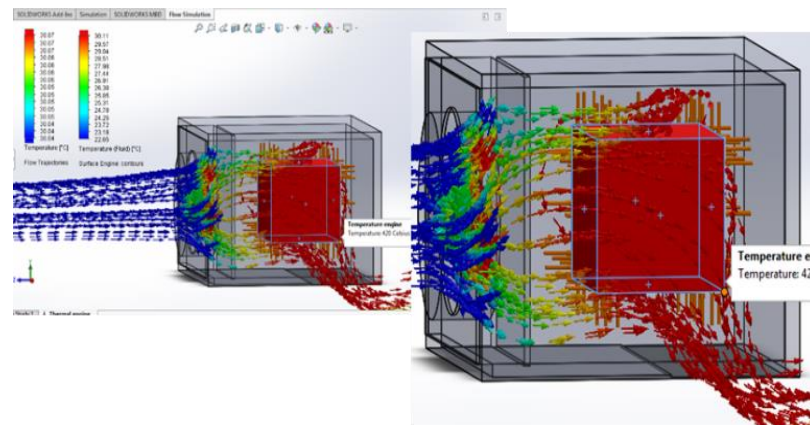
Dari Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk ke *grill 25%* terbuka dan temperatur 81°C. Tekanan udara 1 atm saat *fan off* menjadi perubahan warna yang masuk ruang mesin, gerakan aliran udara berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan oleh *engine*. Dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami dan itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill 25%* maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi masuk keruang mesin *engine* bertemperatur tinggi dan warna udara berubah menjadi merah (panas). Sehingga aliran merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang bakar, aliran udara

tersebut dikeluarkan kepermukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara luar suhu normal.

4.2.2 Kondisi *Grill* 50% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.4 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*

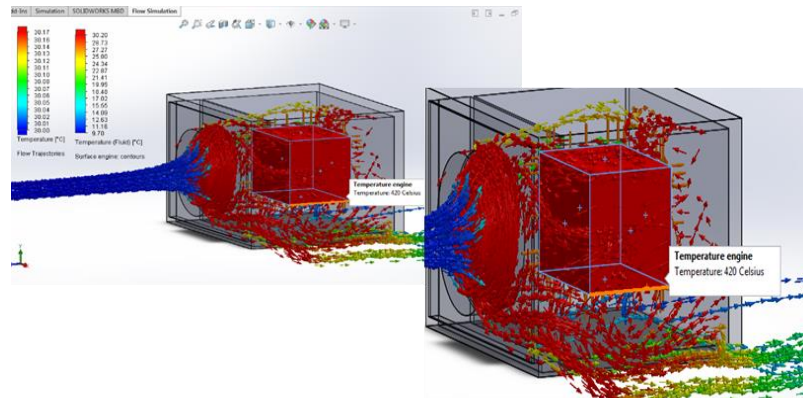


Gambar 4.5 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

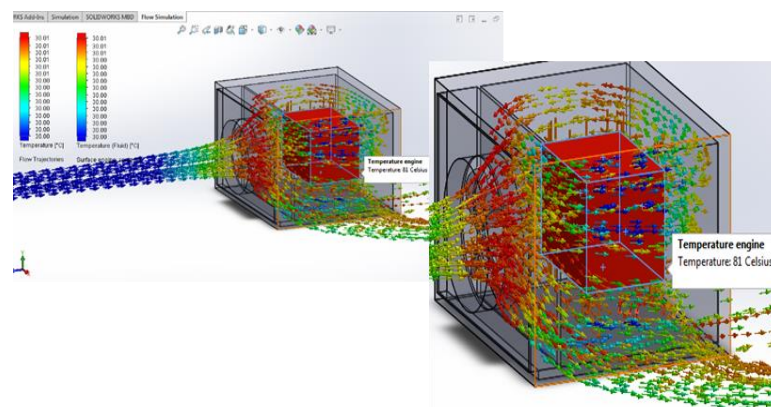
Dari Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s aliran konveksi paksa pada putaran *fan* maka aliran udara keluar merah hingga ke aliran luar berwarna biru dan temperatur 81°C Tekanan udara 1 atm saat *fan off* menjadi perubahan warna yang masuk keruang mesin, gerakan aliran udara berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan oleh *engine*. Dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 3,9 m/s aliran konveksi alami tidak ada putaran *fan* aliran udara tersebut, sehingga aliran merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin

tinggi pada ruang bakar, aliran udara tersebut dikeluarkan kepermukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara luar suhu normal. maka aliran berwarna hijau dan kuning pada permukaan *engine* hingga keluar udara luar.

4.2.3 Kondisi *Grill* 75% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.6 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*

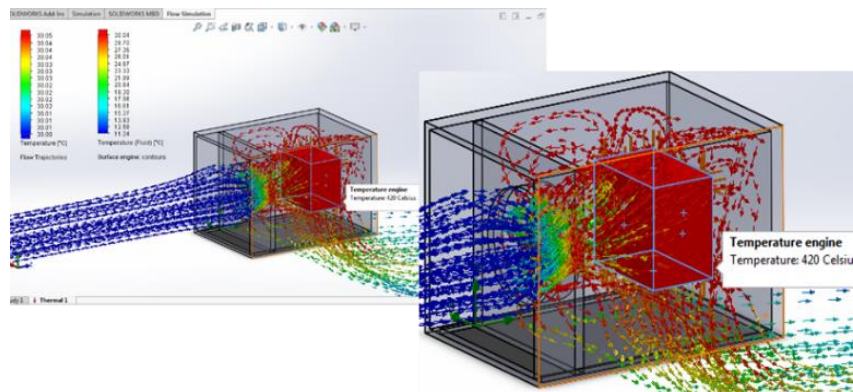


Gambar 4.7 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

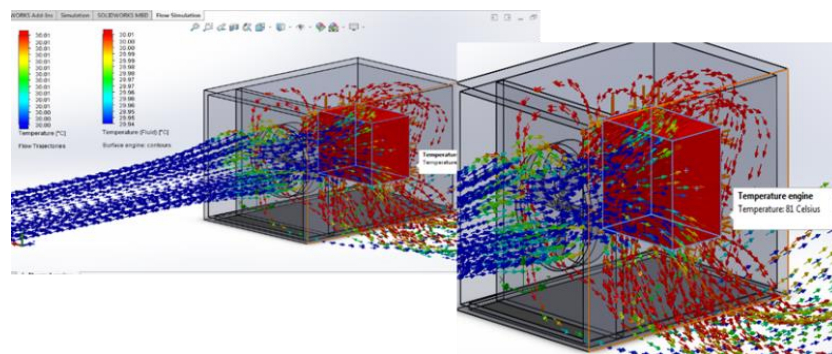
Dari Gambar 4.6 dan 4.7 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin). Ketika udara masuk melalui *grill* 75% maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi masuk keruang mesin *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara keluar merah (panas) dan temperatur 81°C. Tekanan udara 1 atm saat *fan off* menjadi perubahan warna yang masuk ruang mesin, maka gerakan aliran udara berpengaruh

terhadap panas yang dihasilkan oleh *engine*. Kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dikarenakan aliran udara konveksi alami maka terjadi aliran udara *turbulent* Sehingga aliran hijau yang dihasilkan oleh konveksi alami akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang bakar, aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal.

4.2.4 Kondisi *Grill* 100% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.8 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*

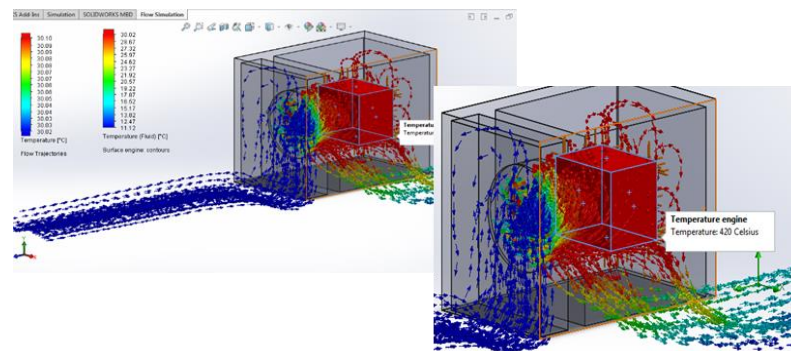


Gambar 4.9 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

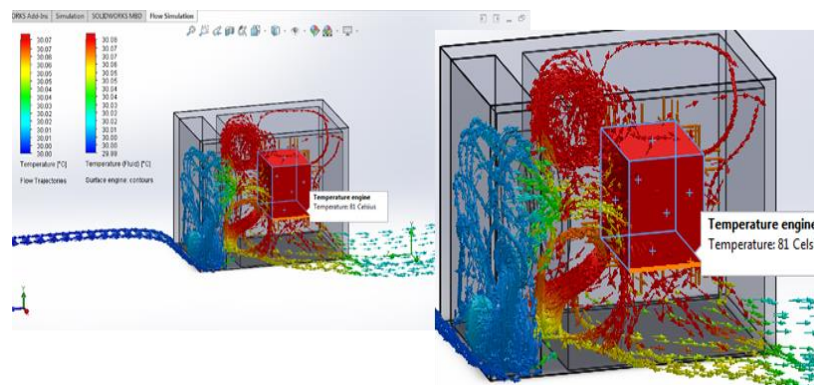
Dari Gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C kondisi Fan On 303,53 rad/s dan temperatur 81°C tekanan udara 1 atm saat fan off menjadi perubahan warna yang masuk keruang mesin, gerakan aliran udara berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan oleh *engine*. Dikondisikan *Fan Off*. kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru(dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* terbuka full maka perubahan warna

udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah merah (panas) maka terjadi aliran udara *turbulent*. Sehingga aliran merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang mesin, aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal.

4.2.5 Kondisi *Grill* 100% Tertutup Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.10 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*



Gambar 4.11 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

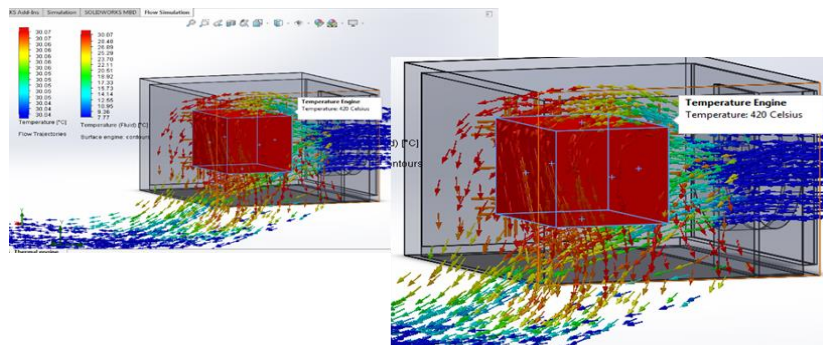
Dari Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dan temperatur 81°C Tekanan udara 1 atm saat *fan off* menjadi perubahan warna yang masuk keruang mesin, gerakan aliran udara berpengaruh terhadap panas yang dihasilkan oleh *engine*. Dikondisikan *Fan Off*. kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami pada aliran tersebut dimana pada tekanan

1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* tertutup full maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah merah (panas) maka terjadi aliran udara *turbulent*. Sehingga aliran merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang mesin, aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal.

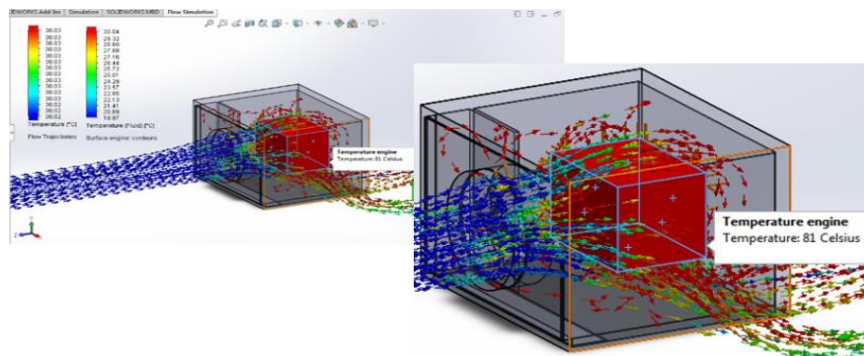
4.3 Hasil Pengujian *Grill Air Flow Model Desain Solidworks* kondisi waktu Malam Hari dengan Kecepatan 20 km/h.

Untuk Pengujian temperatur mesin diambil pada 1500 rpm yaitu 81°C karena diasumsikan batas maksimal panas suhu mesin yaitu antara 88°C – 90°C untuk kondisi kipas pendingin tidak menyala atau laju aliran konveksi alami, dan diambil temperatur di 3000 rpm yaitu 420°C untuk kondisi kipas pendingin menyala atau laju aliran konveksi paksa dengan kondisi kendaraan berjalan 20 km/h.

4.3.1 Kondisi *Grill 25% Terbuka* Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



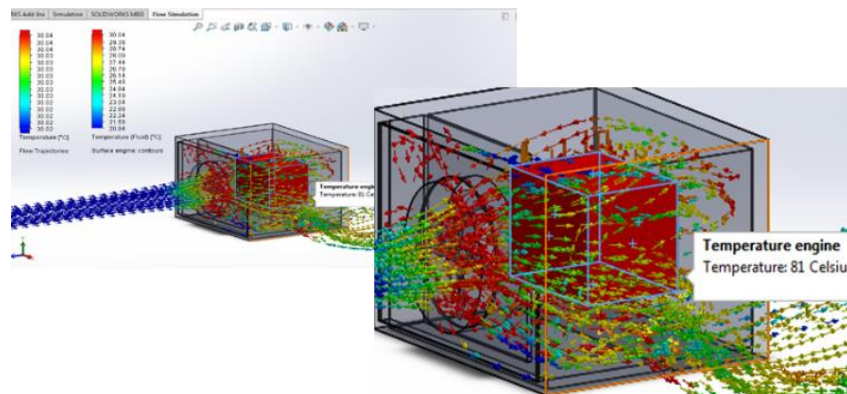
Gambar 4.12 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*



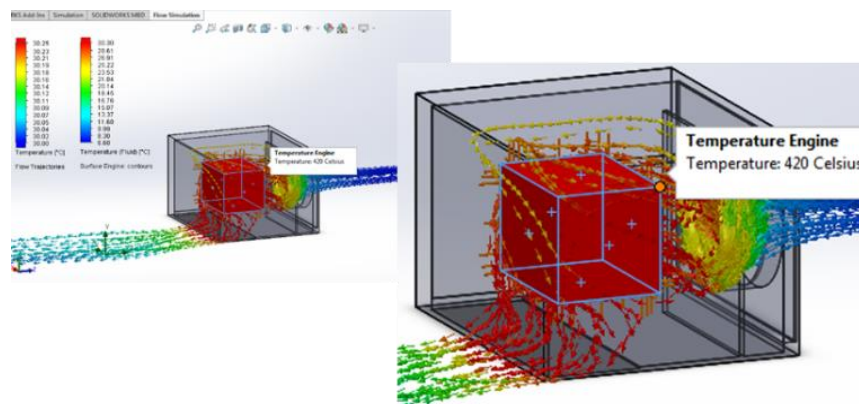
Gambar 4.13 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

Dari Gambar 4.12 dan 4.13 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk ke *grill* 25% terbuka dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 25% terbuka maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h dan warna udara berubah merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang mesin, aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal.

4.3.2 Kondisi *Grill* 50% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



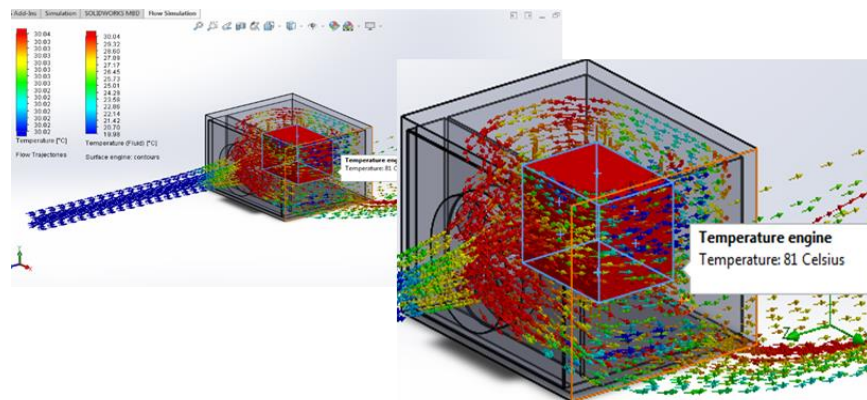
Gambar 4.14 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*



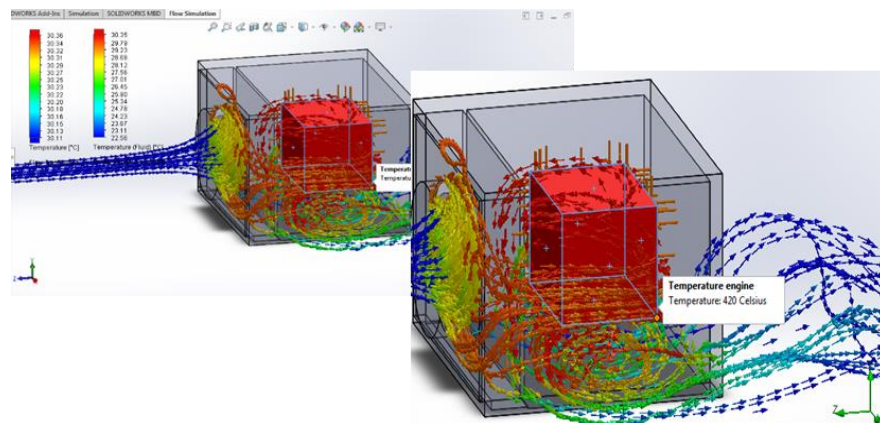
Gambar 4.15 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

Dari Gambar 4.14 dan 4.15 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk ke *grill* 25% terbuka dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 50% terbuka maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h dan warna udara berubah menjadi merah (panas) yang dihasilkan oleh *engine* akan berkurang suhu panas yang semakin tinggi pada ruang mesin, aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal.

4.3.3 Kondisi *Grill* 75% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



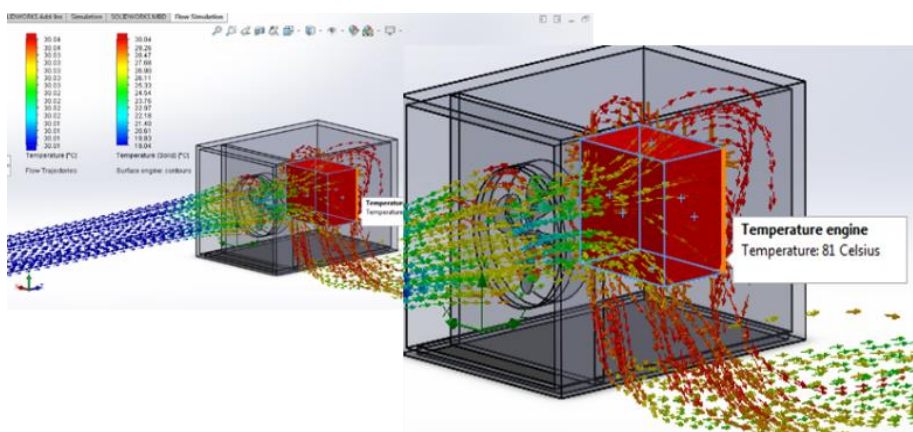
Gambar 4.16 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*



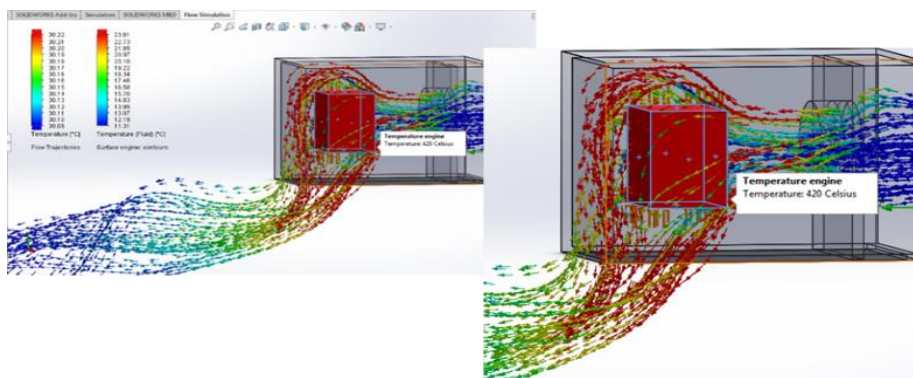
Gambar 4.17 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

Dari Gambar 4.16 dan 4.17 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk *grill* 25% terbuka dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 75% terbuka maka perubahan warna udara perpindahan panas perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi aliran udara konveksi paksa maupun konveksi alamiah yang dihasilkan oleh aliran udara yang masuk melalui *grill* hingga keruang mesin terjadi aliran terjadi aliran udara *turbulent*, *transition*, atau *laminar*.

4.3.4 Kondisi *Grill* 100% Terbuka Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



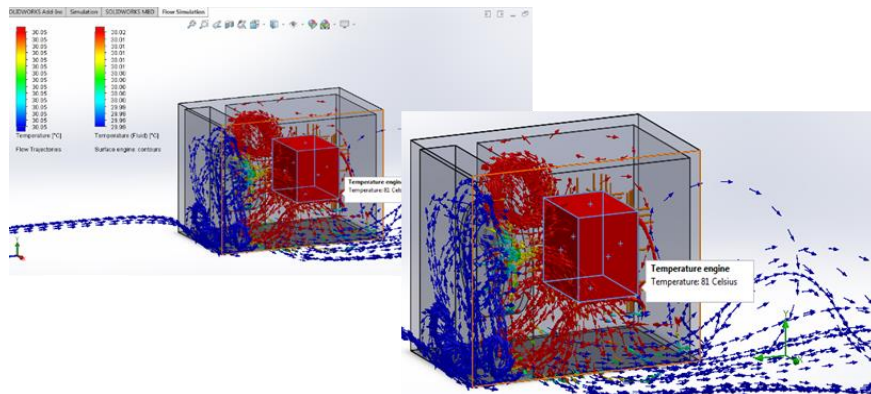
Gambar 4.18 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*



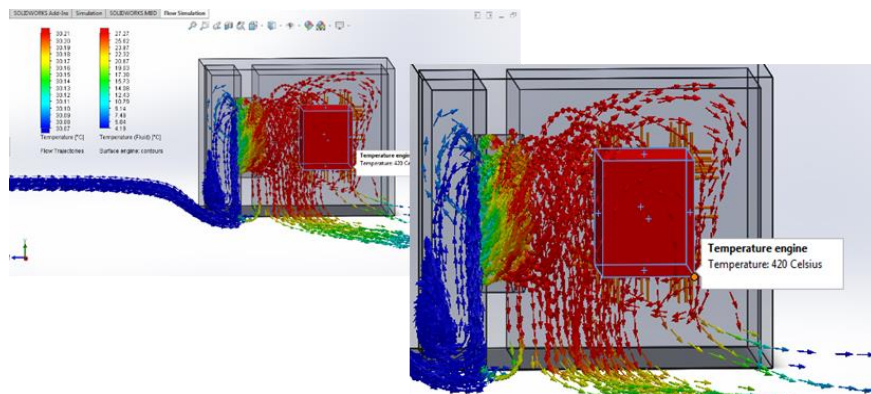
Gambar 4.19 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

Dari Gambar 4.18 dan 4.19 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk ke *grill* 25% terbuka dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami dan itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* terbuka full maka perubahan warna udara perpindahan panas terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi aliran udara konveksi paksa maupun konveksi alamiah yang dihasilkan oleh aliran udara yang masuk melalui *grill* hingga keruang mesin terjadi aliran *turbulent*, *transition*, atau *laminar*.

4.3.5 Kondisi *Grill* 100% Tertutup Waktu Malam Hari temperatur 30°C.



Gambar 4.20 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*



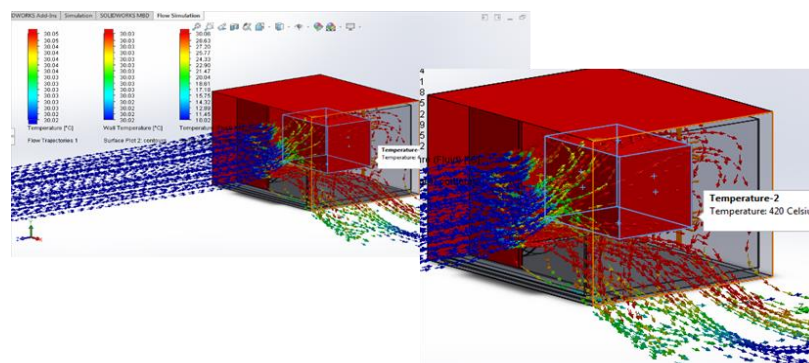
Gambar 4.21 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

Dari Gambar 4.20 dan 4.21 menunjukkan hasil simulasi aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* 303,53 rad/s dilihat dari aliran udara laminar yang masuk ke *grill* 25% terbuka dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off* kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dilihat juga aliran laminar. Dikarenakan adanya aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami dan itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* tertutup perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi aliran udara konveksi paksa maupun konveksi alamiah yang dihasilkan oleh aliran udara yang masuk melalui *grill* hingga keruang mesin terjadi aliran terjadi aliran udara *turbulent*, *transition*, atau *laminar*.

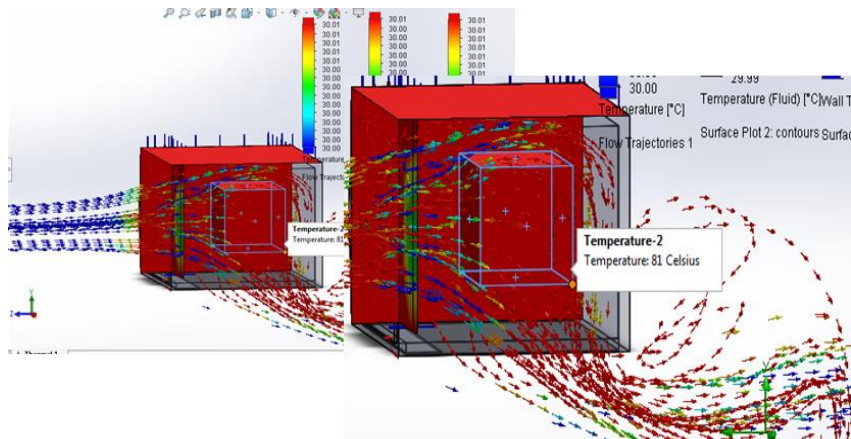
4.4 Hasil Pengujian *Grill Air Flow Model Desain Solidworks* kondisi waktu Siang Hari kondisi Mobil Stop.

Pada pengujian ini suhu mesin diambil dari 1500 rpm yaitu 81°C karena diasumsikan batas maksimal panas suhu mesin diantara 88°C – 90°C untuk kondisi kipas pendingin tidak menyala atau laju aliran udara konveksi alami, diambil dari suhu 420°C di 3000 rpm untuk kondisi kipas pendingin menyala maka laju aliran udara konveksi paksa. Simulasi ini diuji untuk mengetahui perpindahan panas yang dihasilkan oleh mesin pada kendaraan bermotor agar suhu mesin pada saat bekerja tetap optimal tidak terjadi panas yang tinggi

4.4.1 Kondisi *Grill* 25% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



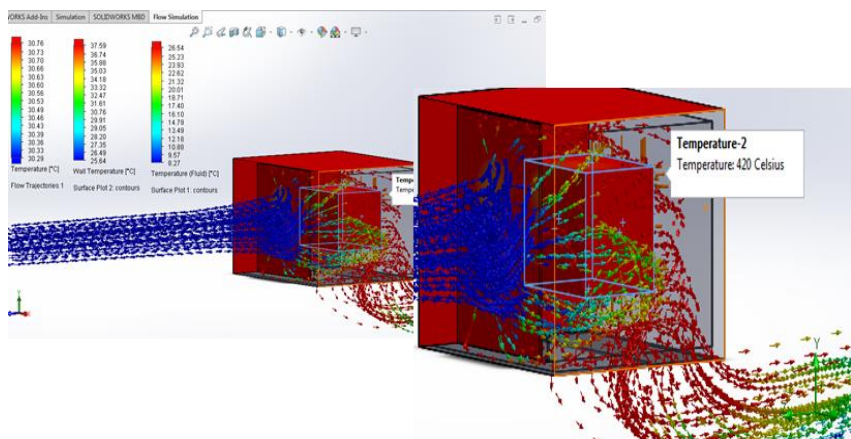
Gambar 4.22 kondisi 3000 rpm mobil stop *Fan On*



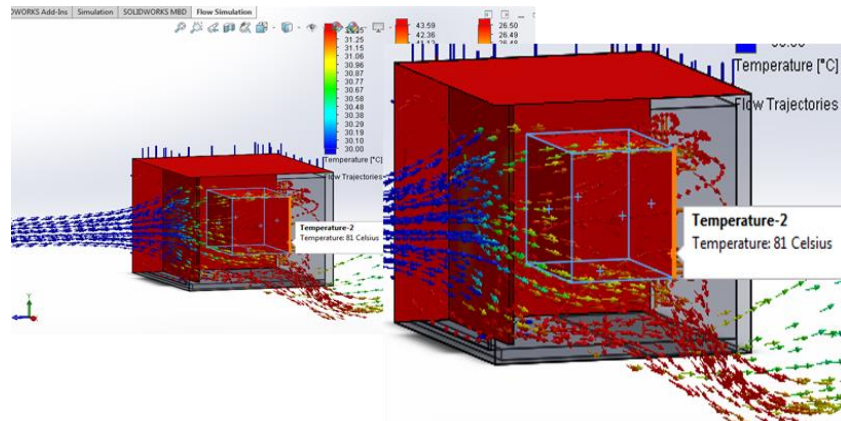
Gambar 4.23 kondisi 1500 rpm mobil stop Fan Off

Dari Gambar 4.22 dan 4.23 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s , *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dimana aliran udara masuk ke *grill* terbuka agar laju aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran melewati *engine* aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang di Indonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.4.2 Kondisi *Grill* 50% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



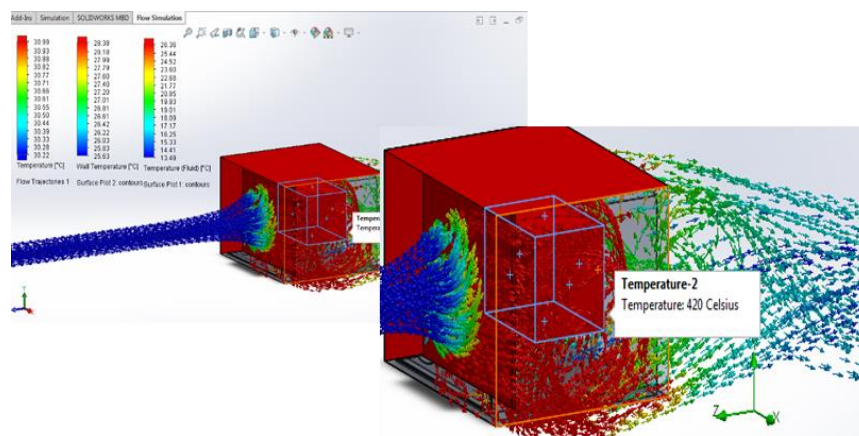
Gambar 4.24 kondisi 3000 rpm mobil stop Fan On



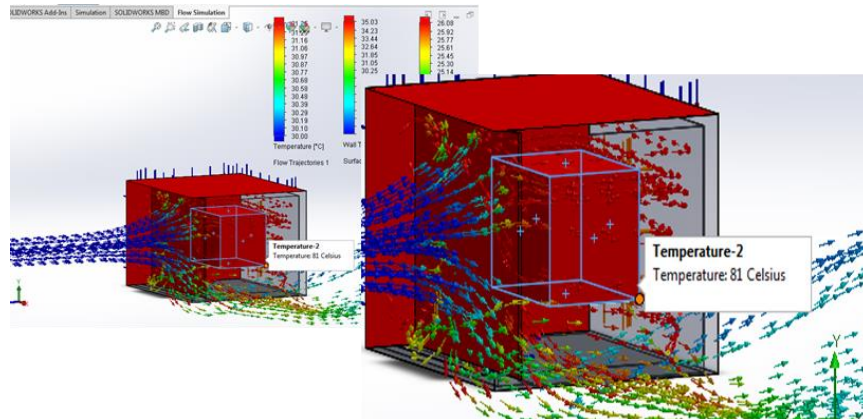
Gambar 4.25 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

Dari Gambar 4.24 dan 4.25 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dimana aliran udara masuk ke *grill* terbuka agar laju aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran melewati *engine* aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang di Indonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.4.3 Kondisi *Grill* 75% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



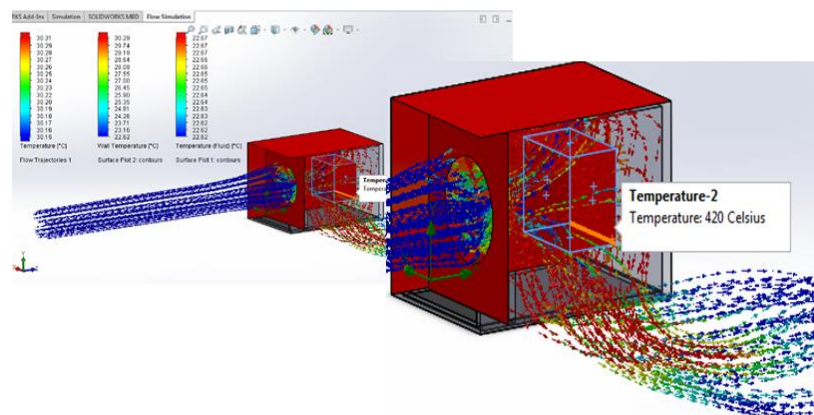
Gambar 4.26 kondisi 3000 rpm mobil *stop Fan On*



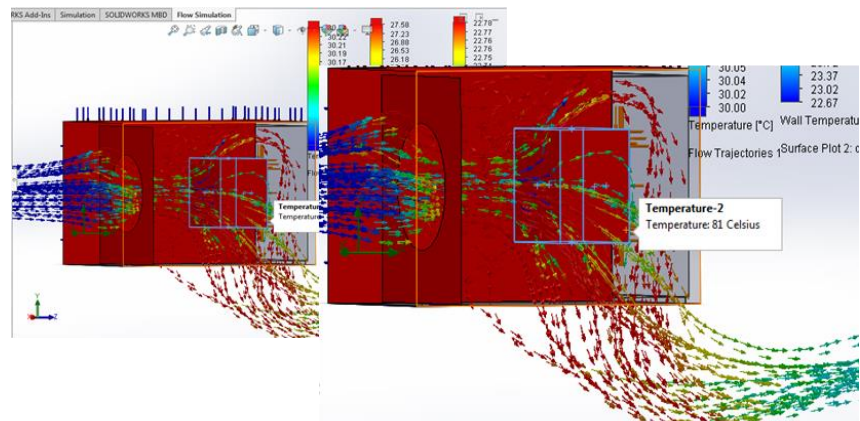
Gambar 4.27 kondisi 1500 rpm mobil stop *Fan Off*

Dari Gambar 4.26 dan 4.27 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan *engine* 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dimana aliran udara masuk ke *grill* terbuka agar laju aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran melewati *engine* aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.4.4 Kondisi *Grill* 100% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



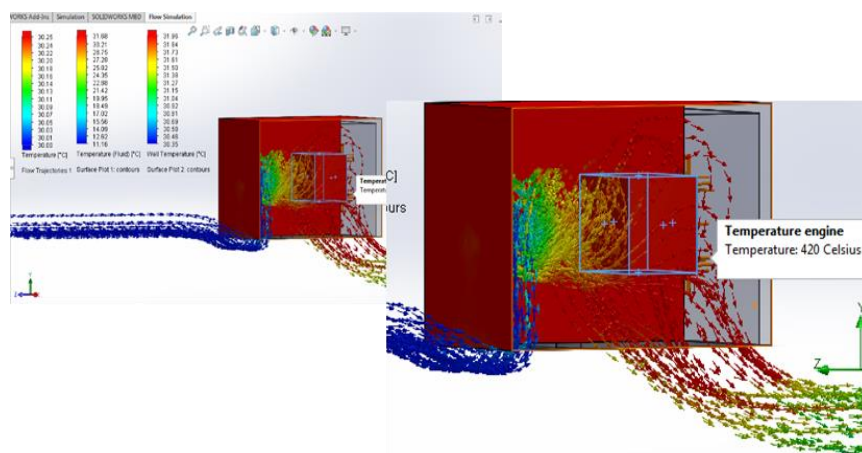
Gambar 4.28 kondisi 3000 rpm mobil stop *Fan On*



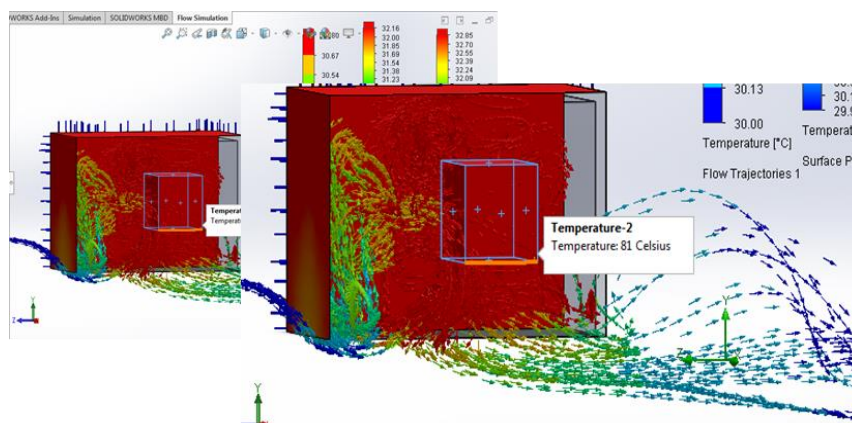
Gambar 4.29 kondisi 1500 rpm mobil stop Fan Off

Dari Gambar 4.28 dan 4.29 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan *engine* 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, kecepatan angin BMKG 3,9 m/s dimana aliran udara masuk ke *grill* terbuka agar laju aliran konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran melewati *engine* aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.4.5 Kondisi Grill 100% Tertutup Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



Gambar 4.30 kondisi 3000 rpm mobil stop Fan On



Gambar 4.31 kondisi 1500 rpm mobil *stop Fan Off*

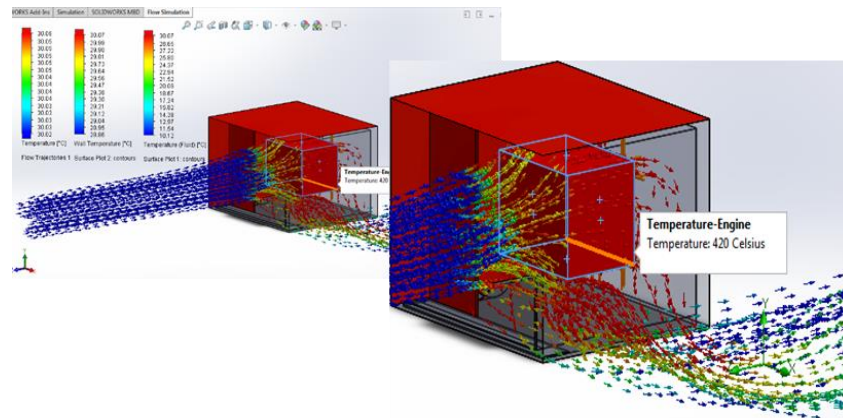
Dari Gambar 4.30 dan 4.31 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan *engine* 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, kecepatan angin BMKG 3,9 m/s, dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran udara masuk ke *grill* tertutup dan melewati bawah *engine* aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang di Indonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.5 Hasil Pengujian *Grill Air Flow Model Desain Solidworks* kondisi waktu Malam Hari dengan Kecepatan 20 km/h.

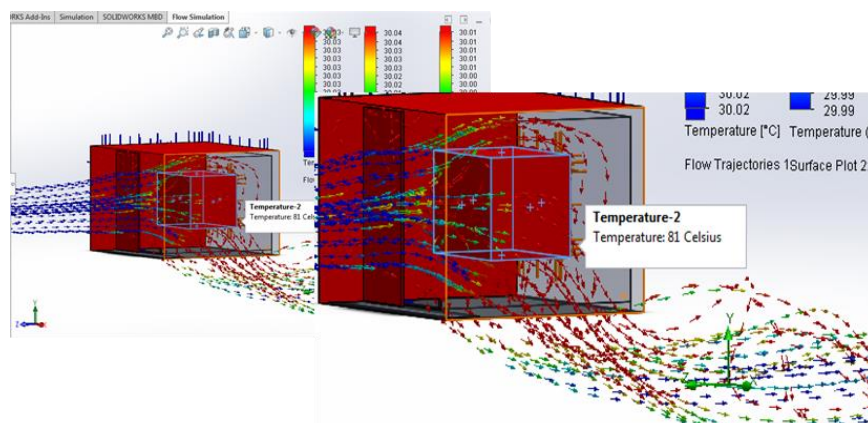
Untuk Pengujian temperatur mesin diambil pada 1500 rpm yaitu 81°C karena diasumsikan batas maksimal panas suhu mesin yaitu antara 88°C – 90°C untuk kondisi kipas pendingin tidak menyala atau laju aliran konveksi alami, dan diambil temperatur di 3000 rpm yaitu 420°C untuk kondisi kipas pendingin menyala atau laju aliran konveksi paksa dengan kondisi kendaraan berjalan 20 km/h. Simulasi ini diuji untuk mengetahui perpindahan panas yang dihasilkan oleh mesin pada kendaraan bermotor agar suhu mesin pada saat bekerja tetap optimal tidak terjadi panas yang tinggi, udara yang masuk melalui *grill* hingga menuju ruang mesin

dalam kondisi tidak ada benda bebatuan ukuran kecil atau ukuran sedang maupun pasir halus yang dapat merusak komponen diruang mesin.

4.5.1 Kondisi *Grill 25% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan body kendaraan 40°C.*



Gambar 4.32 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

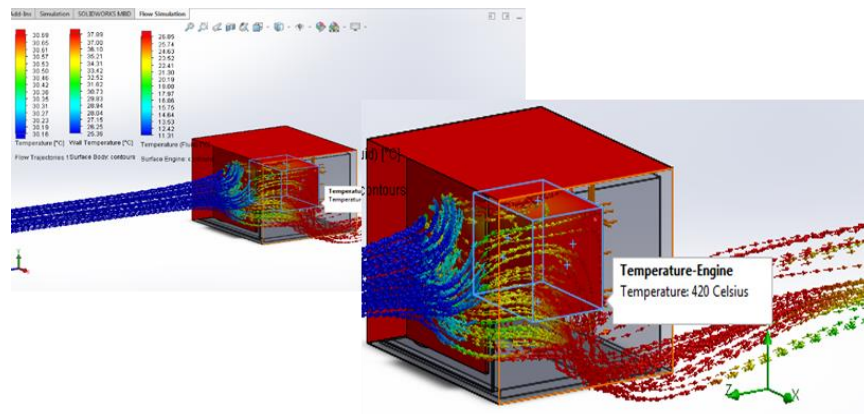


Gambar 4.33 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*

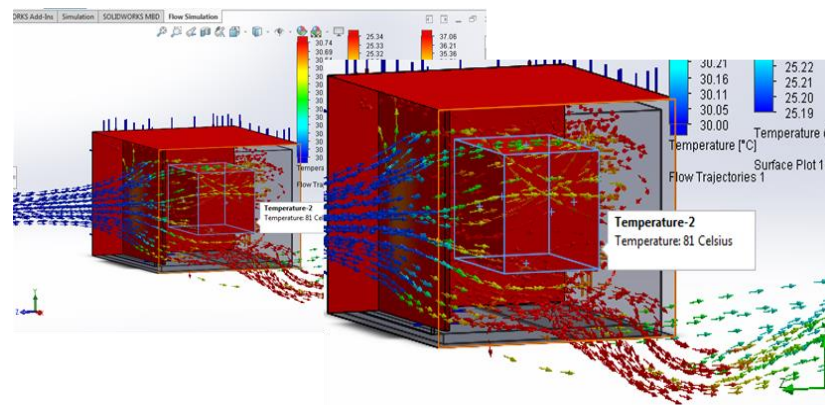
Dari Gambar 4.32 dan 4.33 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan *engine* 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran udara masuk ke *grill 25%* dan melewati *engine*, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan 0 rad/s* aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh

BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.5.2 Kondisi *Grill* 50% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



Gambar 4.34 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

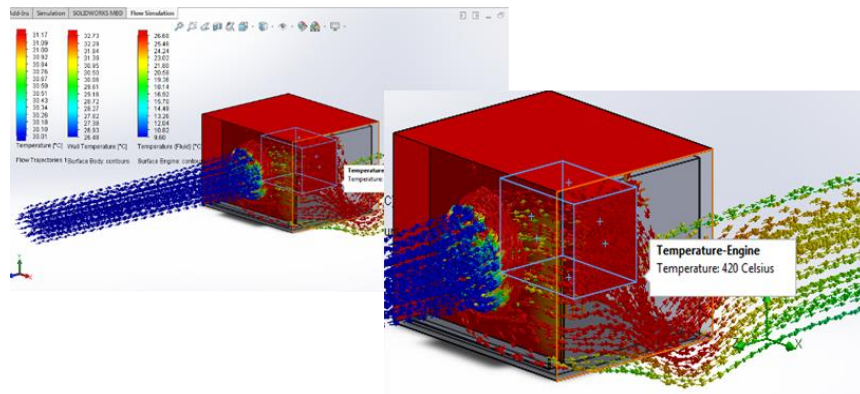


Gambar 4.35 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*

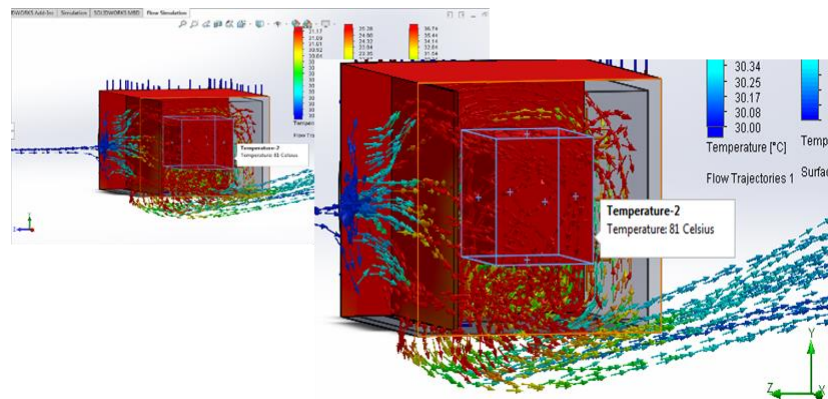
Dari Gambar 4.34 dan 4.35 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran udara masuk ke *grill* 50% dan melewati *engine*, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun

di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.5.3 Kondisi *Grill* 75% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



Gambar 4.36 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

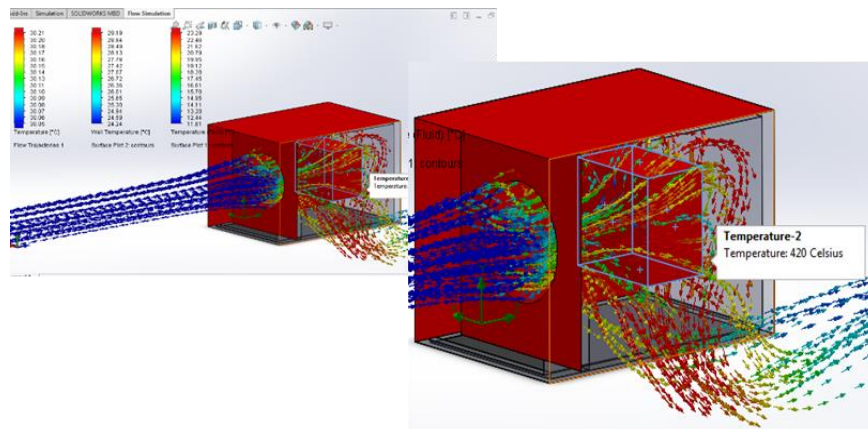


Gambar 4.37 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*

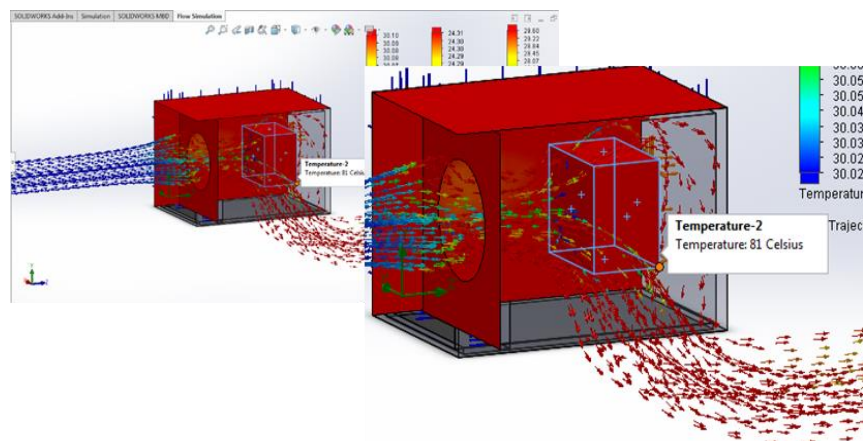
Dari Gambar 4.36 dan 4.37 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran udara masuk ke *grill* 75% dan melewati *engine*, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke

permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.5.4 Kondisi *Grill* 100% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



Gambar 4.38 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*

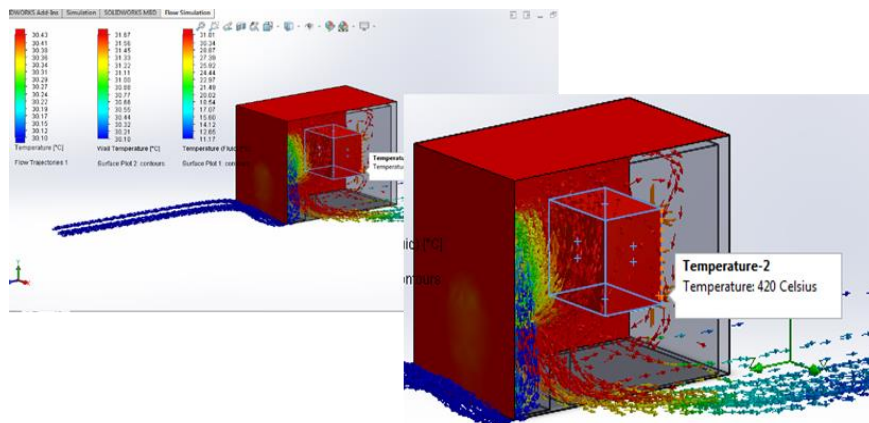


Gambar 4.39 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*

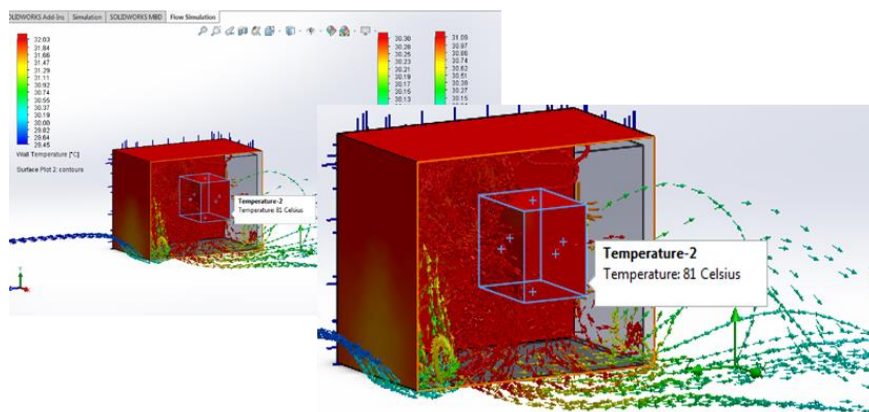
Dari Gambar 4.38 dan 4.39 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika *fan on* maka aliran udara masuk ke *grill* terbuka dan melewati *engine*, gerak aliran

udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan* 0 rad/s aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

4.5.5 Kondisi *Grill* 100% Tertutup Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C.



Gambar 4.40 kondisi 3000 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan On*



Gambar 4.41 kondisi 1500 rpm mobil jalan 20 km/h *Fan Off*

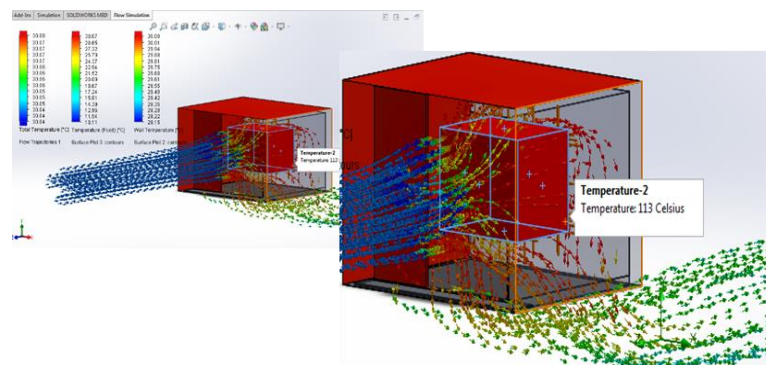
Dari Gambar 4.40 dan 4.41 menunjukkan hasil aliran udara yang temperatur *engine* 420°C dan 81°C dengan kecepatan *fan on* 303,53 rad/s, *fan off* 0 rad/s, dan kecepatan angin BMKG 9,4 m/s dimana aliran udara konveksi paksa terjadi ketika

fan on maka aliran masuk ke *grill* tertutup dan melewati bawah *engine*, gerak aliran udara dipengaruhi oleh kecepatan laju kendaraan bermotor 20 km/h sehingga aliran udara merah (panas) dan aliran udara keluar aliran udara tersebut keluar ke permukaan luar menjadi biru (dingin) kembali ke aliran udara suhu normal. Namun di *fan 0 rad/s* aliran udara konveksi alami yang terjadi oleh alami dan diteliti oleh BMKG. Kemudian *body* kendaraan temperatur 40°C dikarenakan radiasi panas matahari sehingga aliran udara alami yang diindonesia mempunyai nilai 30°C - 40°C.

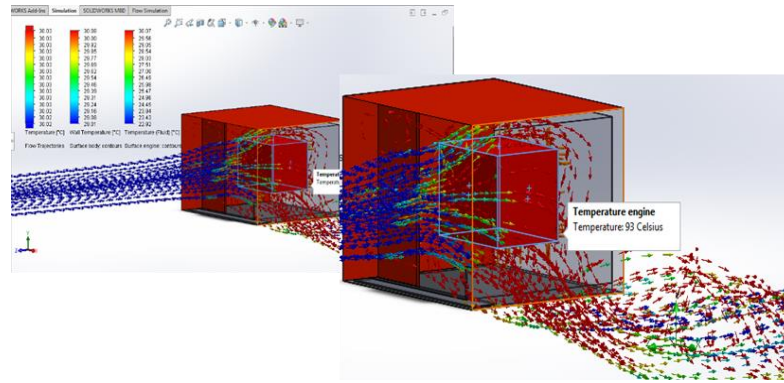
4.6 Hasil Pengujian *Grill Air Flow Model Desain Solidworks Waktu Siang Hari dengan Kondisi Mobil Macet.*

Pada pengujian ini suhu mesin diambil dari 1500 rpm yaitu 81°C karena diasumsikan batas maksimal panas suhu mesin diantara 88°C – 90°C untuk kondisi kipas pendingin tidak menyala atau laju aliran udara konveksi alami, diambil dari suhu 420°C di 3000 rpm untuk kondisi kipas pendingin menyala maka laju aliran udara konveksi paksa. Simulasi ini diuji untuk mengetahui perpindahan panas yang dihasilkan oleh mesin pada kendaraan bermotor agar suhu mesin pada saat bekerja tetap optimal tidak terjadi panas yang tinggi, udara yang masuk melalui *grill* hingga menuju ruang mesin dalam kondisi tidak ada benda bebatuan ukuran kecil atau ukuran sedang maupun pasir halus yang dapat merusak komponen diruang mesin.

4.6.1 Kondisi *Grill 25% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan body kendaraan 40°C kondisi Macet.*



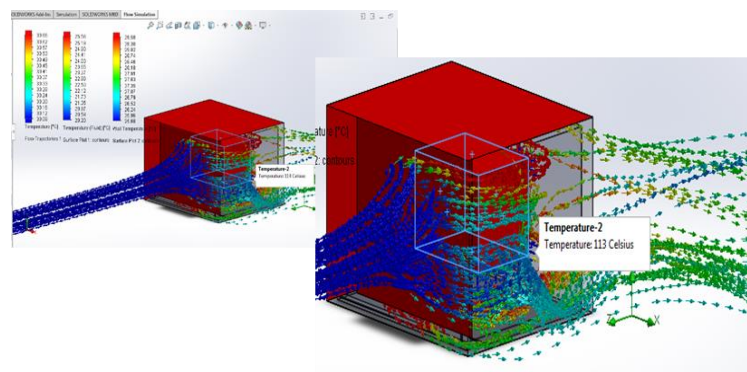
Gambar 4.42 kondisi 3000 rpm mobil macet *Fan On*



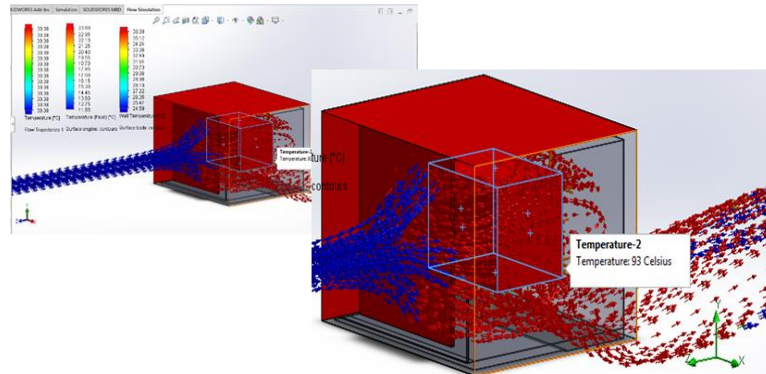
Gambar 4.43 kondisi 1500 rpm mobil macet *Fan Off*

Dari Gambar 4.42 dan 4.43 diatas menunjukkan hasil simulasi kondisi macet yaitu aliran alami yang dibutuhkan serta kecepatan *fan* karena gerakan udara yang dihasilkan menyebabkan koveksi paksa sehingga laju perpindahan kalor lebih tinggi akibat koefisien konveksi yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan *fan off* (konveksi alami). Aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off*. Kemudian kap mobil diasumsikan temperatur 40°C . Dikarenakan adanya radiasi matahari serta aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 25% perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi berawal aliran *Laminar* hingga kealiran udara *Turbulent*.

4.6.2 Kondisi *Grill* 50% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C kondisi Macet.



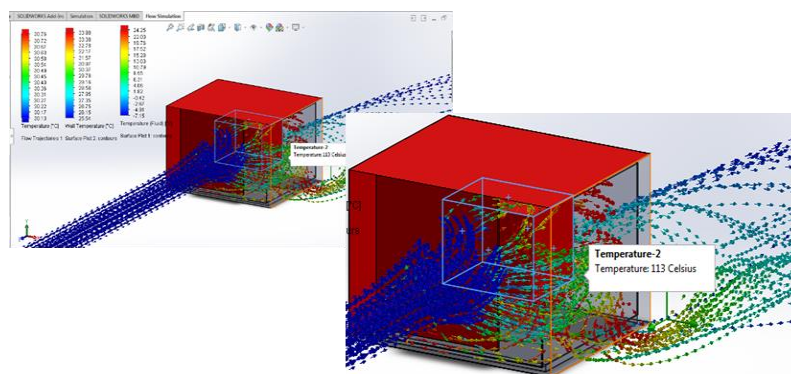
Gambar 4.44 kondisi 3000 rpm mobil macet *Fan On*



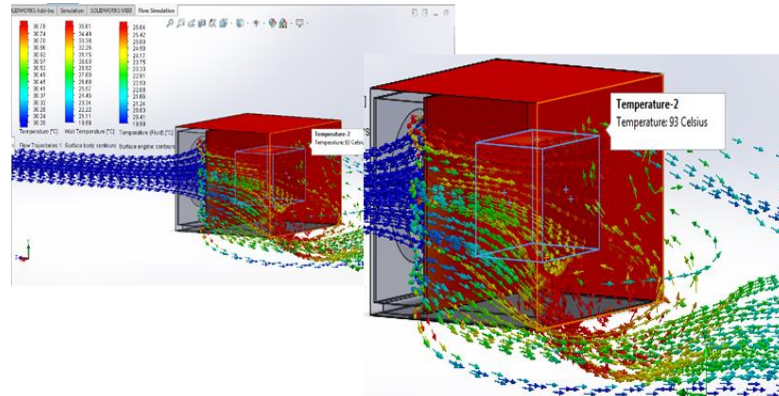
Gambar 4.45 kondisi 1500 rpm mobil macet *Fan Off*

Dari Gambar 4.44 dan 4.45 diatas menunjukkan hasil simulasi kondisi macet yaitu aliran alami yang dibutuhkan serta kecepatan *fan* karena gerakan udara yang dihasilkan menyebabkan koveksi paksa sehingga laju perpindahan kalor lebih tinggi akibat koefisien konveksi yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan *fan off* (konveksi alami). Aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off*. Kemudian kap mobil diasumsikan temperatur 40°C. Dikarenakan adanya radiasi matahari serta aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 50% perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi berawal aliran *Laminar* hingga kealiran udara *Turbulent*.

4.6.3 Kondisi *Grill* 75% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C kondisi Macet.



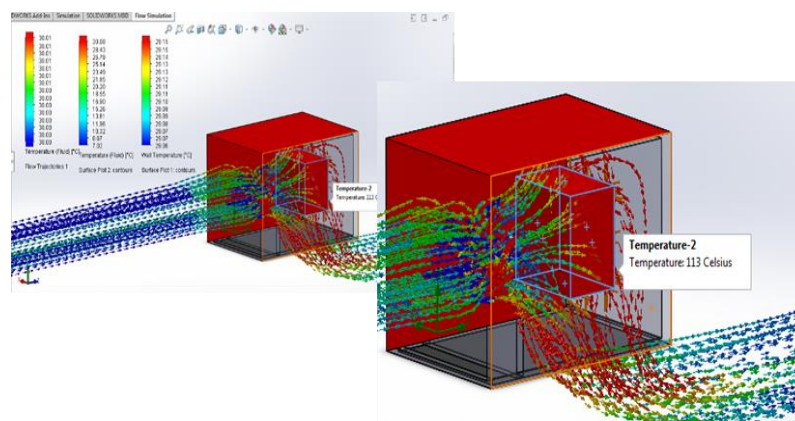
Gambar 4.46 kondisi 3000 rpm mobil macet *Fan On*



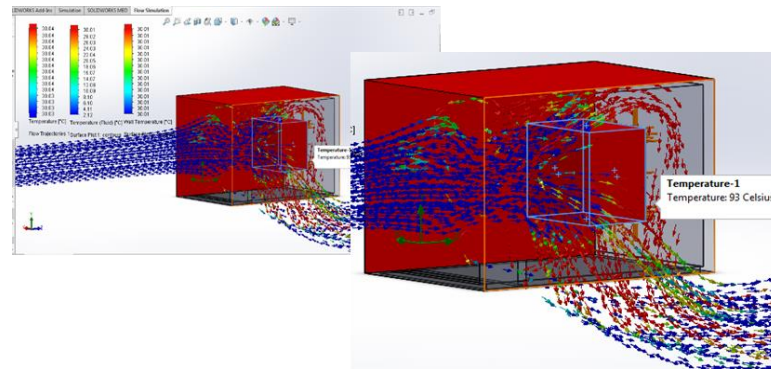
Gambar 4.47 kondisi 1500 rpm mobil macet *Fan Off*

Dari Gambar 4.46 dan 4.47 diatas menunjukkan hasil simulasi kondisi macet yaitu aliran alami yang dibutuhkan serta kecepatan *fan* karena gerakan udara yang dihasilkan menyebabkan koveksi paksa sehingga laju perpindahan kalor lebih tinggi akibat koefisien konveksi yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan *fan off* (konveksi alami). Aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off*. Kemudian kap mobil diasumsikan temperatur 40°C. Dikarenakan adanya radiasi matahari serta aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* 75% perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi berawal aliran *Laminar* hingga kealiran udara *Turbulent*.

4.6.4 Kondisi *Grill* 100% Terbuka Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C kondisi Macet.



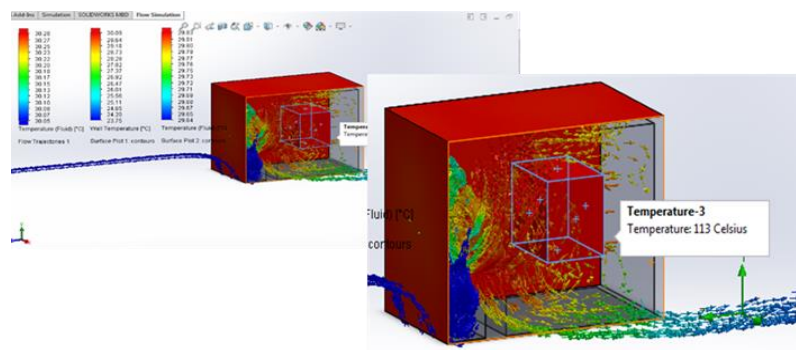
Gambar 4.48 kondisi 3000 rpm mobil macet *Fan On*



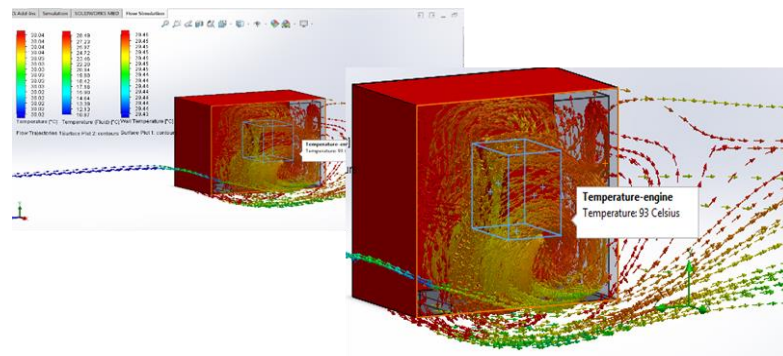
Gambar 4.49 kondisi 1500 rpm mobil macet *Fan Off*

Dari Gambar 4.48 dan 4.49 diatas menunjukkan hasil simulasi kondisi macet yaitu aliran alami yang dibutuhkan serta kecepatan *fan* karena gerakan udara yang dihasilkan menyebabkan koveksi paksa sehingga laju perpindahan kalor lebih tinggi akibat koefisien konveksi yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan *fan off* (konveksi alami). Aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *Fan On* dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off*. Kemudian kap mobil diasumsikan temperatur 40°C. Dikarenakan adanya radiasi matahari serta aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* terbuka perubahan warna udara terjadi melewati *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi berawal aliran *Laminar* hingga kealiran udara *Turbulent*.

4.6.5 Kondisi *Grill* 100% Tertutup Waktu Siang Hari temperatur udara 30°C dan *body* kendaraan 40°C kondisi Macet.



Gambar 4.50 kondisi 3000 rpm mobil macet *Fan On*



Gambar 4.51 kondisi 1500 rpm mobil macet *Fan Off*

Dari Gambar 4.50 dan 4.51 diatas menunjukkan hasil simulasi kondisi macet yaitu aliran alami yang dibutuhkan serta kecepatan *fan* karena gerakan udara yang dihasilkan menyebabkan koveksi paksa sehingga laju perpindahan kalor lebih tinggi akibat koefisien konveksi yang terjadi lebih besar nilainya dibandingkan *fan off* (konveksi alami). Aliran udara dengan temperatur 420°C dikondisi *fan on* dan temperatur 81°C dikondisikan *Fan Off*. Kemudian kap mobil diasumsikan temperatur 40°C . Dikarenakan adanya radiasi matahari serta aliran konveksi paksa dan aliran konveksi alami itu terjadi pada aliran tersebut dimana pada tekanan 1 atm berwarna biru (dingin), Ketika udara masuk melalui *grill* tertutup perubahan warna udara terjadi melewati dibawah *engine* bertemperatur tinggi, dan warna udara berubah menjadi merah (panas) maka terjadi berawal aliran *Laminar* hingga kealiran udara *Turbulent*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis laju aliran udara pada *Grill Air Flow* Honda Civic Ferio 1997 didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil mendapatkan model laju aliran udara pada ruang mesin kendaraan bermotor 1500 cc pada Sedan Honda Civic dengan menggunakan teori Perpindahan Panas dan *software solidworks* (CFD).
2. Laju kecepatan angin yang sudah diteliti oleh BMKG dan laju kecepatan mobil sangat berpengaruh pada hasil analisis aliran udara dengan kondisi terbuka full, terbuka 25%, terbuka 50%, terbuka 75%, dan tertutup full.
3. Aliran dengan grill terbuka full volume udara yang masuk keruang mesin lebih banyak dibandingkan dengan grill tertutup full sehingga berpengaruh pada proses pendinginan mesin yang terus-menerus meningkatnya panas mesin ketika sedang bekerja.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, diusulkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Disarankan untuk penelitian ini pada *grill* yang bervariasi kurang efisien, dikarenakan kurangnya udara masuk keruang mesin adanya hambatan pada celah sangat kecil. Sehingga udara yang dibutuhkan oleh mesin terlalu sedikit, maka mesin selalu menghasilkan panas terus-menerus pada proses pembakaran.
2. Penelitian ini diharapkan dapat lebih dikembangkan untuk penelitian selanjutnya dengan desain yang akurat dapat menghasilkan udara yang sangat banyak dan dapat mengurangi adanya pasir atau debu, batu-batuan berukuran sedang maupun berukuran kecil dan kotoran yang menghambat udara masuk dan tidak merusak komponen yang ada pada *grill* dan ruang mesin kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

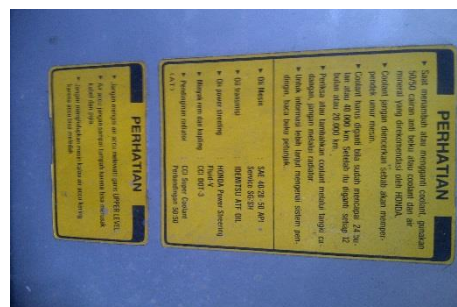
- Yildiz Bayazitoglu, dan M. Necati Ozisik**, McGRAW-HILL Elements Of HEAT TRANSFER, 1988.
- Dr.Prabuono Buyung Kosasih**, Teori dan Aplikasi METODE ELEMEN HINGGA, 2012.
- Agung Nugroho Adi, ST, MT.**, Perpindahan Panas, 2013.
- Ahmad Mufid dan Happy Risdian**, Finite Element Analisis, 2010.
- Tony Suryo Utomo dan Rama Dwi Prayoga**, 2012 Simulasi Aliran Udara Dalam *Ram-Air Intake* Pada Sepeda Motor Sport Dengan Menggunakan *Computational Fluid Dynamic*
- Blevins, Robert, D**, *Applied FLuid Dynamics Handbook*, New York : Van Nostrandreinhold Company Inc.1984
- Surjosatyo, Adi & Ani, Farid**. *EXPERIMENTAL STUDY OF AIR FLOW THROUGH AN AIR ENJEKTOR*. (2000)
- Lomax, Havard, Thomas H Pullian, David W Zingg**. *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*.
- Robert G. Sargent**. *Verification and Validation of Simulation Models*. Proceeding of the 1998 Winter Simulation Conference. 1998
- Veersteeg, H. K, dan Malalasekera, W**. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Longman: Malaysia.
- Aris Munandar, W dan Saito, H**. "Penyegaran Udara", Cetakan Keenam Jakarta: PT. Pradya Paramita, 2002
- Detroit Diesel**. "Engenering Bulletin". No.39. "Engine Air Inlet System", "Detroit Diesel Corporation", 13400 Quater Drive, West Detroit, Michigan, 1990.

LAMPIRAN A

Lampiran A.1. Mobil Honda Civic SO4-AT Ferio Tahun 1997



Lampiran A.2. Alat dan Bahan yang dibutuhkan untuk pengujian



Lampiran A.3. Langkah Pemasangan alat ukur temperatur



Lampiran A.4. Fan Radiator



Lampiran A.5. Fan Air Conditioner (kompresor)



Lampiran A.6. Kondisi 1250 RPM kondisi Macet



Lampiran A.7. Kondisi 1250 RPM



Lampiran A.8. Kondisi 1500 RPM



Lampiran A.9. Kondisi 1750 RPM



Lampiran A.10. Kondisi 2000 RPM



Lampiran A.11. Kondisi 2250 RPM



Lampiran A.12. Kondisi 2500 RPM



Lampiran A.13. Kondisi 2750 RPM



Lampiran A.14. Kondisi 3000 RPM



Lampiran A.15. Kondisi Temperatur Engine 33°C



Lampiran A.16. Kondisi Temperatur Engine 66°C



Lampiran A.17. Kondisi Temperatur Engine 70°C



Lampiran A.18. Kondisi Temperatur Engine 93°C



Lampiran A.19. Kondisi Temperatur Engine 113°C



Lampiran A.20. Kondisi Temperatur Engine 135°C



Lampiran A.21. Kondisi Temperatur Engine 148°C



Lampiran A.22. Kondisi Temperatur Engine 179°C



Lampiran A.23. Kondisi Temperatur Engine 180°C



Lampiran A.24. Kondisi Temperatur Engine 215°C



Lampiran A.25. Kondisi Temperatur Engine 252°C



Lampiran A.26. Kondisi Temperatur Engine 364°C



Lampiran A.27. Kondisi Temperatur Engine 420°C



LAMPIRAN B

Lampiran B.1 Perhitungan setiap rpm dan Kec angin BMKG

HASIL PERHITUNGAN BAB 4							
Rotasi Putaran Mesin (rpm)	Temperatur mesin (°C)	Temperatur udara (°C)	Dimensi Engine (m)	kec angin dan BMKG (m/s)	1 atm (Kpa)	viskotas, $\times 10^6$ (m ² /s)	Reynold Number (Re)
3000	420	30	0,9	9,4	101325	37,9	223218,9974 (2,2 x 10 ⁵)
3000	420	30	0,9	3,9	101325	37,9	92612,1372 (9,4 x 10 ⁴)
2750	364	30	0,9	9,4	101325	34,2	247368,4211 (2,4 x 10 ⁵)
2750	364	30	0,9	3,9	101325	34,2	102631,5789 (1,0 x 10 ⁵)
2500	252	30	0,9	9,4	101325	25,9	326640,9266 (3,2 x 10 ⁵)
2500	252	30	0,9	3,9	101325	25,9	135521,2355 (1,3 x 10 ⁵)
2250	180	30	0,9	9,4	101325	32,9	257142,8571 (2,5 x 10 ⁵)
2250	180	30	0,9	3,9	101325	32,9	106686,9301 (1,0 x 10 ⁵)
2000	148	30	0,9	9,4	101325	22	384545,4545 (3,8 x 10 ⁵)
2000	148	30	0,9	3,9	101325	22	159545,4545 (1,5 x 10 ⁵)
1750	135	30	0,9	9,4	101325	20,76	407514,4509 (4,0 x 10 ⁵)
1750	135	30	0,9	3,9	101325	20,76	169075,1445 (1,6 x 10 ⁵)
1500	93	30	0,9	9,4	101325	19,54	432958,0348 (4,3 x 10 ⁵)
1500	93	30	0,9	3,9	101325	19,54	179631,5251 (1,7 x 10 ⁵)
1250	81	30	0,9	9,4	101325	19,07	443628,7362 (4,4 x 10 ⁵)
1250	81	30	0,9	3,9	101325	19,07	184058,731 (1,8 x 10 ⁵)
1000	70	30	0,9	9,4	101325	18,64	453862,6609 (4,5 x 10 ⁵)
1000	70	30	0,9	3,9	101325	18,64	188304,721 (1,8 x 10 ⁵)

Perhitungan untuk kondisi malam hari kondisi mobil stop fan on

1. Tekanan 1 atm = 101325 Kpa

Suhu Udara = 30 °C diasumsikan juga pada (body) engine 40 °C

Kecepatan Angin BMKG = 14,32 km/h = 3,9 m/s

Jika ditambah dengan kecepatan 20 km/h maka = 5,5 m/s + 3,9 m/s = 9,4 m/s

Temperatur Engine 3000 rpm = 420 °C

Asumsi Dimensi Engine(blackbox) = 0,9 m x 0.6 m

Dik = $T_s = 420$ °C

$P_{1atm} = 101325$ Kpa

$v = 3,9$ m/s

$v = 9,4$ m/s

$T_{\infty} = 30$ °C

Tabel 4.1 Rekapitulasi data Gases At Atmospheric Pressure

Tabel B-1 Physical Properties Of Gases At Atmospheric Pressure							
AIR							
T, (K)	P, (kg/m ³)	C _e , kJ/(kg.°C)	$\mu, \times 10^{-7}$ kg/(m.s ²)	$\nu, \times 10^{-6}$ (m ² /s)	k, $\times 10^{-3}$ (W/m.k)	$\alpha, \times 10^{-6}$ (m ² /s)	Pr
100	3,6010	1,0266	0,6924 x 10 ⁻⁵	1,923	0,009246	0,02501	0,770
150	2,3675	1,0099	1,0283	4,343	0,013735	0,05745	0,753
200	1,7684	1,0061	1,3289	7,490	0,01089	0,10165	0,739
250	1,4128	1,0053	1,488	10,53	0,02227	0,13161	0,722
300	1,1774	1,0057	1,983	16,84	0,02624	0,22160	0,708
350	0,9980	1,0090	2,075	20,76	0,03003	0,2983	0,697
400	0,8826	1,0140	2,286	25,90	0,03365	0,3760	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	31,71	0,03707	0,4222	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	37,90	0,04038	0,5564	0,680
550	0,6423	1,0392	2,848	44,34	0,04360	0,6532	0,680
600	0,5879	1,0551	3,018	51,34	0,04659	0,7512	0,680
650	0,5430	1,0635	3,177	58,51	0,04953	0,8578	0,682
700	0,5030	1,0752	3,332	66,25	0,05230	0,9672	0,684
750	0,4709	1,0856	3,481	73,91	0,05509	1,0774	0,686
800	0,4405	1,0978	3,625	82,29	0,05779	1,1951	0,689
850	0,4149	1,1095	3,765	90,75	0,06028	1,3097	0,692
900	0,3925	1,1212	3,899	99,3	0,06279	1,4271	0,696
950	0,3716	1,1321	4,023	108,2	0,06525	1,5510	0,699
1000	0,3524	1,1417	4,152	117,8	0,06752	1,6779	0,702

Sumber : McGraw-HILL, Elements Of Heat Transfer, (Yildiz Bayazitoglu, dan M.Necati Ozisik. 1988)

Keterangan : $T_{\infty} = 30$ °C = 303,15 °K $T_{\infty} = 40$ °C = 313,15 °K

$x_1 = 450$ °K $y_1 = 31,71$ $x = 303,15$

$x_2 = 500$ °K $y_2 = 37,90$

Rumus Sederhana adalah:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \text{ atau } y = y_1 + \left(\frac{x-x_1}{x_2-x_1}\right)(y_2 - y_1)$$

Maka interpolasi Viskositas Kinematika $V = 37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ didapat dari tabel diatas.

Sifat K , μ , C_p , dan Pr untuk gas ideal tidak dipengaruhi oleh tekanan, namun ν dan α berbanding terbalik dengan tekanan, sehingga

$$\begin{aligned} V &= \frac{V@1atm}{P} 101325 \text{Kpa} = \\ &= \frac{37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{101325 \text{ kpa}} 101325 \text{ Kpa} = 37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Bilangan Reynold,

$$\text{Re} = \frac{V_{\infty} L}{\nu} = \frac{(9,4 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0,9 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{37,90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 2,2 \times 10^5 = 223218,9974.$$