



SKRIPSI - ME091329

**ANALISA ALIRAN FLUIDA UDARA MASUK  
TERHADAP KEBUTUHAN UDARA  
PEMBAKARAN DIESEL ENGINE**

AGUNG WIDYA UTAMA CHANDRA  
NRP 4210 100 020

Dosen Pembimbing  
Ir. Aguk Zuhdi M. F. Ph.D  
Dr. I Made Ariana S.T, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



SKRIPSI - ME091329

**ANALISA ALIRAN FLUIDA UDARA MASUK  
TERHADAP KEBUTUHAN UDARA  
PEMBAKARAN DIESEL ENGINE**

AGUNG WIDYA UTAMA CHANDRA  
NRP 4210 100 020

Dosen Pembimbing  
Ir. Aguk Zuhdi M. F. Ph.D  
Dr. I Made Ariana S.T, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - ME 091329

## **ANALYSIS OF FLUID FLOW OF AIR INTO NEEDS OF DIESEL ENGINE COMBUSTION AIR**

AGUNG WIDYA UTAMA CHANDRA  
NRP 4210 100 020

Supervisor  
Ir. Aguk Zuhdi M. F. Ph.D  
Dr. I Made Ariana S.T, M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Ocean Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISA ALIRAN FLUIDA UDARA MASUKTERHADAP**  
**KEBUTUHAN UDARA PEMBAKARAN DIESEL ENGINE**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**AGUNG WIDYA UTAMA CHANDRA**

NRP. 4210 100 020

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

Ir. Agung Zuhdi M. F. Ph.D

.....(

Dr. I Made Ariana, S.T, M.Sc

.....(

SURABAYA

Januari 2015

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISA ALIRAN FLUIDA UDARA MASUK TERHADAP**  
**KEBUTUHAN UDARA PEMBAKARAN DIESEL ENGINE**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**AGUNG WIDYA UTAMA CHANDRA**

NRP. 4210 100 020

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:

Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng



**SURABAYA**

Januari, 2015

# ANALISA ALIRAN FLUIDA UDARA MASUK TERHADAP KEBUTUHAN UDARA PEMBAKARAN DIESEL ENGINE

**Nama Mahasiswa** : Agung Widya Utama Chandra  
**NRP** : 4210 100 020  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing 1** : Ir.Aguk Zuhdi M.F, M.Eng,  
Ph.D  
**Dosen Pembimbing 2** : DR. I Made Ariana, ST, M.Sc

## ABSTRAK

Dalam metode *reverse engineering* sebuah *engine* baru dilakukan sebuah analisa. Salah satu diantaranya adalah mengenai analisa aliran udara dan gas pada *intake cone* dan *exhaust manifold*. dengan menggunakan CFD tekanan dan kecepatan fluida pada sistem udara pembakaran dari desain diesel engine 93,2 Kw telah dianalisis dengan menggunakan CFD. Data-data dari *diesel engine* diperoleh dari simulasi prediksi performa engine. Hasil dari simulasi aliran didapatkan tekanan fluida udara pada *intake cone* sebesar 1,12 bar, 1,14 bar, 1,16 bar, dan 1,15 bar. Sedangkan tekanan pada *exhaust manifold* adalah sebesar 1,6 bar, 1,3 bar, 1,2 bar, dan 1,24. Pada hasil simulasi kecepatan di *intake cone* didapatkan data sebesar 33,5 m/s, 32,9m/s, 34,5m/s, dan 34,29m/s. sedangkan untuk kecepatan pada *exhaust manifold* adalah sebesar 93,8 m/s, 117,42 m/s, 122,77 m/s, dan 202 m/s. maka dari hasil analisa aliran fluida udara dan gas sesuai dengan kebutuhan engine untuk udara pembakaran dan gas untuk memutar turbocharger *diesel engine*.

Kata Kunci : CFD, Intake cone, Exhaust Manifold, Analisa Aliran

# **ANALYSIS OF FLUID FLOW OF AIR INTO THE NEEDS OF DIESEL ENGINE COMBUSTION AIR**

**Name** : Agung Widya Utama Chandra  
**NRP** : 4210 100 020  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor** : Ir.Aguk Zuhdi M.F, M.Eng,  
Ph.D  
: DR. I Made Ariana, ST, M.Sc

## **ABSTRAK**

In the method of reverse engineering a new engine performance is analyzed. One of them is about the analysis of air and gas flow on the intake cone and exhaust manifold. By using CFD pressure and fluid velocity of the combustion air system 93.2 Kw diesel engine has been analyzed by using CFD. The data of diesel engine performance prediction obtained from engine simulation. The result obtained from the simulation flow fluid pressure of air on intake cone of 1.12 bar, 1.14 bar, 1.16 bar, 1.15 bar. While the pressure in exhaust manifold is equal to 1.6 bar, 1.3 bar, 1.2 bar, 1.24 bar. In the simulation result in the intake cone velocity data obtained at 33.5 m/s, 32.9 m/s, 34.5 m/s, and 34.29 m/s. Whereas for the velocity of the exhaust manifold is equal to 93.8 m/s, 117.42 m/s, 122.77 m/s, and 202 m/s. Then the result of the analysis of fluid flow of air and gas in accordance with the needs of the engine for combustion air and gas to rotate the turbin turbocharger diesel engine.

**Key word** : CFD, Intake cone, Exhaust Manifold, Flow Analysis

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil ‘alamin. Segala Puji Allah atas segala nikmat, rahmat, dan karunia-Nya yang tidak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ***“Analisa aliran fluida udara masuk terhadap kebutuhan udara pembakaran diesel engine”*** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat lulus perkuliahan pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T). harapan penulis semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi civitas akademis Teknik Sistem Perkapalan.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak suka duka yang penulis alami. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga Besar tercinta, iringan doa Ayahanda Eka Candra dan Ibunda Erma Oktariowati .
2. Mutiara Suri dan keluarga yang telah memberi dukungan berupa semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M F, M.Eng, Ph.D selaku Dosen Wali penulis selama berkuliah di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.

4. Bapak Dr. Ir.A.A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
5. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M F, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing pertama penulis yang telah membimbing penulis dan memberikan motivasi sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. I Made Ariana, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah memberikan bimbingan dan motivasi sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Bapak-bapak dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu bermanfaat.
8. Teman-teman di Laboratorium Marine Power Plant yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
9. Teman-teman angkatan 2010 Pinisi yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, kritik dan saran yang membangun penulis harapkan agar dapat menjadi lebih baik lagi mendatang.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

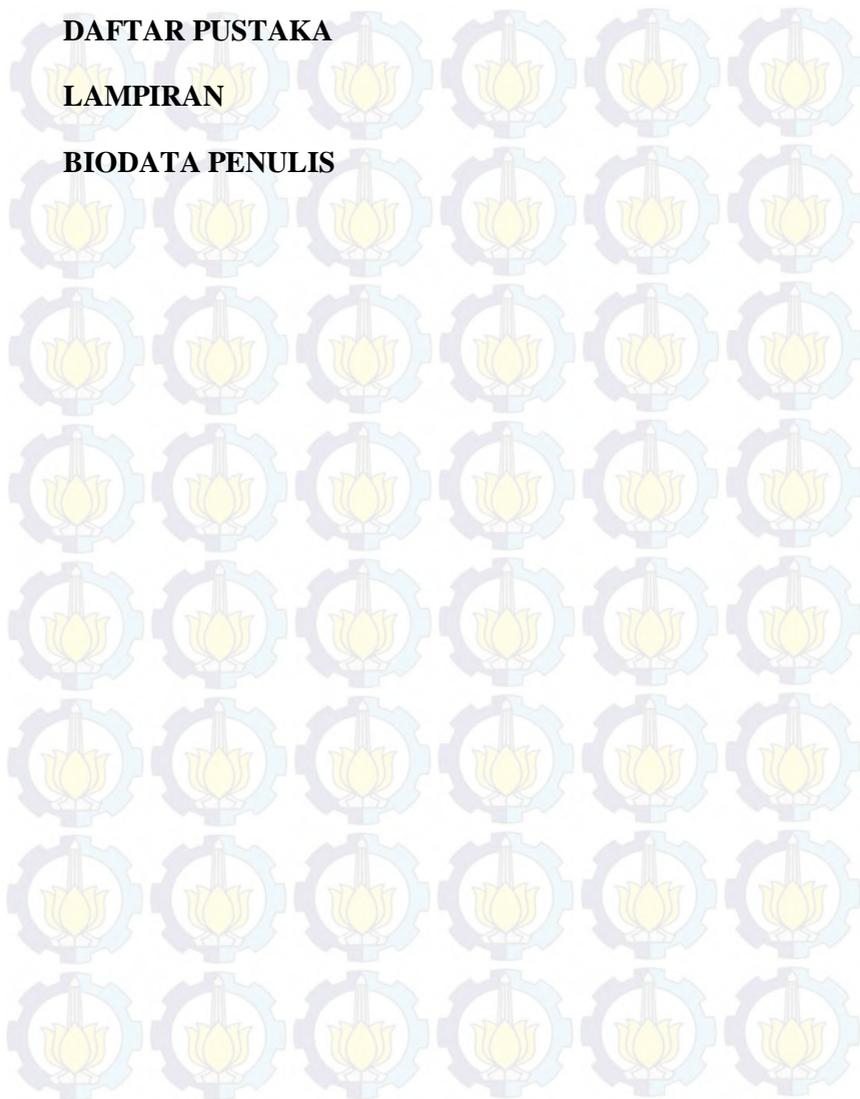
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstrack.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan Skripsi.....	2
1.5 Manfaat.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Umum.....	3
2.1.1 Intake Cone dan Exhaust manifold.....	4
2.1.2 Computation Fluid Dynamics.....	6

<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>9</b>
3.1 Membongkar dan Mengidentifikasi Mesin .....	10
3.2 Merancang Draft Sistem Udara Mesin .....	10
3.3 Menggambar intake cone pada cylinder head.....	11
3.4 Menggambar exhaust manifold.....	11
3.5 Analisa Aliran Udara.....	12
3.5.1 Simulasi Aliran Udara pada Intake dan Exhaust Manifold .....	13
3.5.2 Analisa Aliran Simulasi .....	15
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>17</b>
4.1 Analisa Tekanan intake cone dan exhaust manifold.....	17
4.1.1 Analisa Tekanan Intake cone pada cylinder Head.....	18
4.1.2 Analisa Tekanan exhaust manifold.....	22
4.2 Analisa Kecepatan intake cone dan exhaust manifold.....	26
4.2.1 Analisa Kecepatan exhaust manifold.....	26
4.2.2 Analisa Kecepatan exhaust manifold.....	29
4.3 Pembahasan .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran.....	36

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**BIODATA PENULIS**



## DAFTAR GAMBAR

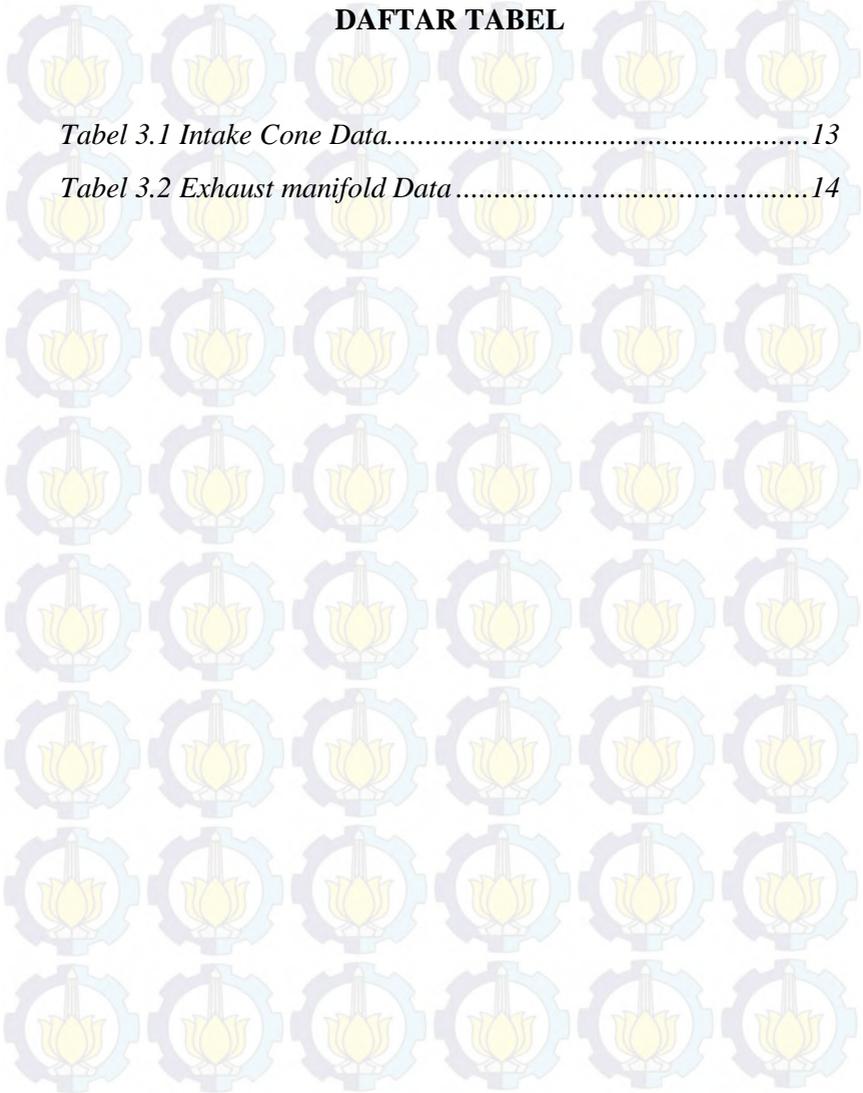
<i>Gambar 2.1</i> Bagian bagian diesel engine.....	4
<i>Gambar 2.2</i> Skema sistem udara engine.....	5
<i>Gambar 3.1</i> Alur Pengerjaan Penelitian .....	9
<i>Gambar 3.2</i> Model 3D cylinder head .....	11
<i>Gambar 3.3</i> Model 3D exhaust manifold.....	12
<i>Gambar 3.4</i> Input data untuk simulasi.....	14
<i>Gambar 3.5</i> Input data airflow pada intake cone.....	15
<i>Gambar 4.1</i> Hasil simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 1.....	18
<i>Gambar 4.2</i> Hasil simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 2.....	19
<i>Gambar 4.3</i> Hasil simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 3.....	20
<i>Gambar 4.4</i> Hasil simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 4.....	21
<i>Gambar 4.5</i> Hasil simulasi tekanan gas buang pada slinder 1...22	22
<i>Gambar 4.6</i> Hasil simulasi tekanan gas buang pada slinder 2...23	23
<i>Gambar 4.7</i> Hasil simulasi tekanan gas buang pada slinder 3...24	24
<i>Gambar 4.8</i> Hasil simulasi tekanan gas buang pada slinder 4...25	25
<i>Gambar 4.9</i> Hasil simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 1.....	26

<i>Gambar 4.10 Hasil simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 2.....</i>	<i>27</i>
<i>Gambar 4.11 Hasil simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 3.....</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 4.12 Hasil simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 4.....</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 4.13 Hasil simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 1 .....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 4.14 Hasil simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 2 .....</i>	<i>31</i>
<i>Gambar 4.15 Hasil simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 3 .....</i>	<i>32</i>
<i>Gambar 4.16 Hasil simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 4 .....</i>	<i>33</i>

**DAFTAR TABEL**

*Tabel 3.1 Intake Cone Data.....13*

*Tabel 3.2 Exhaust manifold Data.....14*





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hambatan aliran udara bersih masuk ke dalam ruang bakar *engine* adalah intake dan exhaust valve. Asupan udara masuk sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan *engine* sehingga harus dirancang sebuah sistem udara pada engine dengan menambahkan *turbocharger* pada *intake air system*. Namun dalam sistem kerjanya *turbocharger* harus mendapatkan asupan gas buang yang cukup agar dapat bekerja secara optimal. Pada suatu sistem udara *engine* terdapat *intake* dan *exhaust manifold* yang berfungsi sebagai jalur udara bersih dan gas buang sebuah *engine*. Akan tetapi, jika desain dari intake dan exhaust manifold tidak dirancang secara maksimal agar dapat menjalankan sistem udara *engine* maka *engine* tidak dapat berjalan optimal. *Intake cone* dalam hal ini berfungsi mengalirkan udara bersih yang sudah didinginkan oleh *intercooler* agar dapat masuk ke dalam ruang bakar sesuai dengan nilai yang diinginkan. Desain *intake cone* harus meminimalisir terbentuknya *loses* sehingga udara yang telah dimampatkan oleh *turbocharger* dapat masuk kedalam ruang bakar secara efisien. *Exhaust manifold* dalam hal ini berfungsi sebagai jalur gas buang hasil pembakaran yang mengalirkan gas buang menuju Turbocharger agar dapat memutar turbin. Desain *exhaust manifold* harus dapat meminimalisir terjadinya *loses* sehingga gas buang dapat secara efisien memutar turbin pada *turbocharger*. Oleh karena itu maka perlu dilakukannya analisa mengenai aliran udara dan gas buang pada *intake* dan *exhaust manifold* agar kerja *engine* dapat sesuai dengan yang diharapkan.

## 1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana tekanan udara pada *intake* dan *exhaust manifold*
2. Bagaimana kecepatan udara pada *intake* dan *exhaust manifold*

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditentukan terhadap pengerjaan skripsi ini adalah:

1. Data mengenai tekanan dan kecepatan pada aliran udara dan gas buang *intake* dan *exhaust manifold*
2. Perangkat lunak (software) tidak dibahas secara spesifik
3. Penelitian ini hanya terbatas pada Cummins Engine 4BTA - M125

## 1.4 Tujuan Skripsi

Tujuan dari dilakukannya skripsi ini adalah:

1. Menganalisa tekanan udara dan gas buang pada *intake* dan *exhaust manifold*
2. Menganalisa kecepatan udara dan gas buang pada *intake* dan *exhaust manifold*

## 1.5 Manfaat

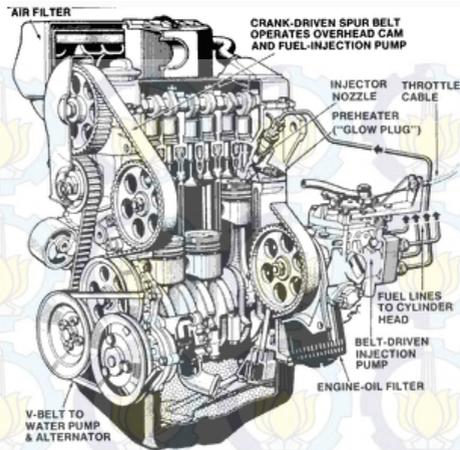
Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk dapat menganalisa sistem udara masuk dan gas buang *engine* yang efisien dan dapat menghasilkan performa *engine* seperti yang diharapkan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Rekayasa balik atau *reverse engineering* adalah proses penemuan prinsip teknologi dari suatu perangkat, objek, atau sistem melalui analisis strukturnya, fungsinya, dan cara kerjanya. Metode reverse engineering adalah menganalisa produk yang sudah ada (Sematic, 1997). Reverse engineering digunakan untuk menganalisa suatu sistem atau komponen apakah sudah sesuai yang diharapkan atau masih terdapat kekuarangan sehingga perlu dilakukannya perbaikan. Gudimetal dan Gopinath (2009) dengan metode reverse engineering mendesain model piston engine yang rusak untuk dilakukan analisa lalu dengan simulasi menggunakan finite element analysis untuk mengetahui struktur yang terdapat pada komponen tersebut atau flow analysis untuk mengetahui aliran fluida.

Perubahan komponen utama engine berkembang sangat pesat sehingga terjadi peningkatan performa engine. Umumnya banyak dilakukan analisa pada beberapa bagian engine dengan metode *reverse engineering*. Terdapat komponen-komponen engine seperti piston, cylinder liner, intake manifold, exhaust manifold, crank shaft, dll yang memungkinkan untuk dilakukan banyak penelitian untuk menganalisa kerusakan atau untuk menganalisa apakah komponen tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan.



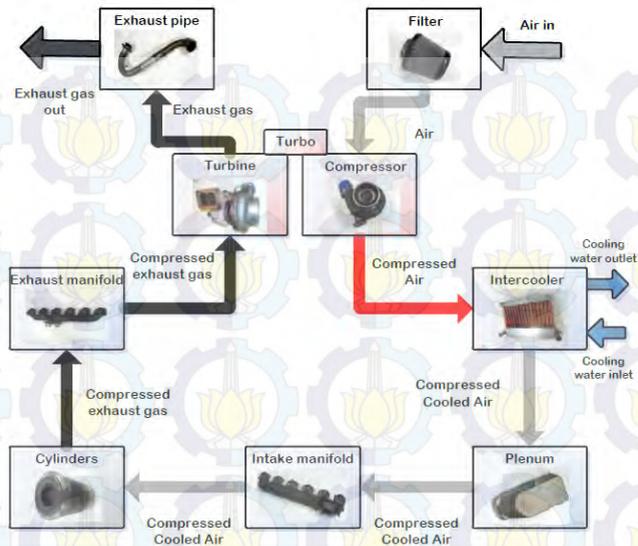
Gambar 2.1 Bagian bagian diesel engine

(sumber:

<http://www.procarcare.com/images/shar/encyclopedia/88528G06.gif>)

### 2.1.1 Intake Cone dan Exhaust Manifold

Dalam suatu sistem kebutuhan udara engine, terdapat beberapa komponen pendukung sistem udara agar dapat berjalan dengan sempurna. Ahlm dan Frood (2011) menjelaskan terdapat filter, turbocharger, intercooler, plenum, intake manifold, cylinders, exhaust manifold, dan exhaust pipe. Gambar 2.1 adalah bagian bagian utama dari diesel engine, sedangkan gambar 2.2 adalah sistem udara engine.



Gambar 2.2 Skema sistem udara engine

(sumber: ahlm dan froode, 2011)

Fungsi dari intake cone adalah untuk jalur udara bersih yang disuplai keluar dari intercooler untuk menuju ke dalam inlet valve. Intake cone/intake manifold sangat berpengaruh pada hasil pembakaran dikarenakan aliran pada intake cone akan masuk ke dalam silinder untuk proses pembakaran. Terdapat beberapa modifikasi oleh Sinaga (2014) dan Surono, Winarno, dan Alaudin (2012) terhadap desain intake manifold dikarenakan peran dan fungsi intake manifold yang vital bagi kinerja engine. Dengan ditambahkan ulir atau beberapa modifikasi lainnya maka dihasilkan desain intake yang menghasilkan aliran udara turbulen untuk masuk ke dalam silinder.

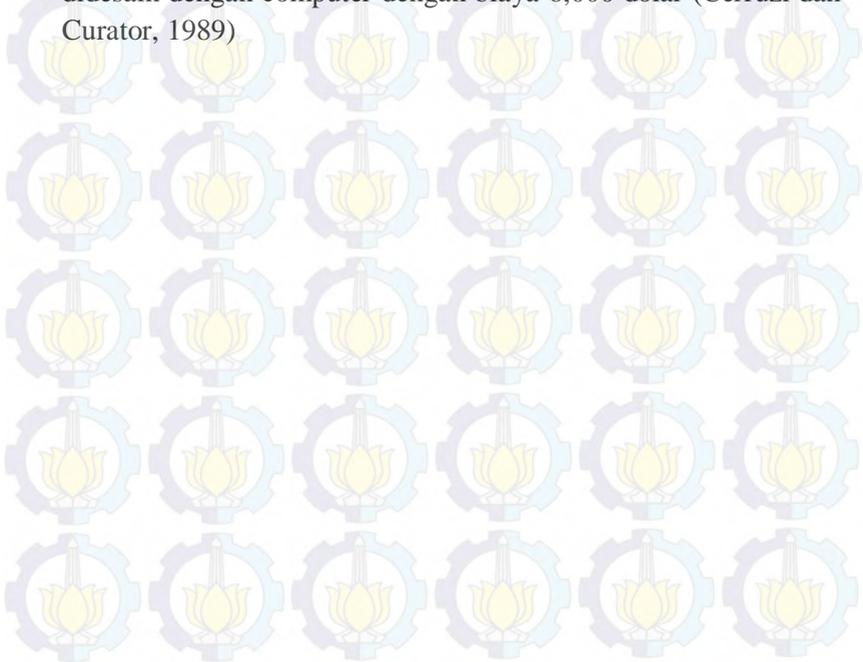
Exhaust manifold berfungsi untuk mengalirkan gas buang hasil pembakaran untuk selanjutnya diarahkan menuju turbocharger untuk memutar turbin turbocharger. Dalam hal ini diperlukan desain exhaust manifold yang bagus yaitu meminimalisasi head losses sehingga tekanan dan kecepatan gas buang untuk mensuplai turbocharger tidak terganggu. Zainudin (2012) menyatakan bahwa terdapatnya lekukan lekukan atau elbow pada suatu jalur fluida menyebabkan perubahan headloss dan pressure drop. Head losses dan pressure drop yang dihasilkan akan semakin besar apabila lekukan dibuat lebih patah. Pada exhaust manifold terdapat banyak lekukan lekukan sehingga dikhawatirkan akan terjadi aliran gas buang yang tidak sesuai dengan yang dikhawatirkan.

### **2.1.2 Computational Fluid Dynamics**

Menurut McDonough (2007) CFD dapat digunakan menjadi pemecahan numerik pada persamaan Euler untuk memprediksi efek dari gelombang ledakan bom pada perang dunia kedua pada awal perang dingin. Bahkan upaya tersebut merupakan driver utama dalam pengembangan komputer digital, dan selanjutnya sekarang menjadi supercomputer. Pada akhir 1950an Uni Soviet menggunakan sistem ini untuk pekerjaan luar angkasanya, dan telah menjadi tantangan untuk terus melakukan perkembangan secara terus menerus.

Semua ilmu matematika ditemukan hubungan antara hukum-hukum fisik dan hukum-hukum angka, sehingga tujuan dari ilmu pasti adalah untuk mengurangi masalah-masalah yang ada di alam pada ketetapan kuantitas dengan pengoperasian angka-angka (Maxwell, 1856)

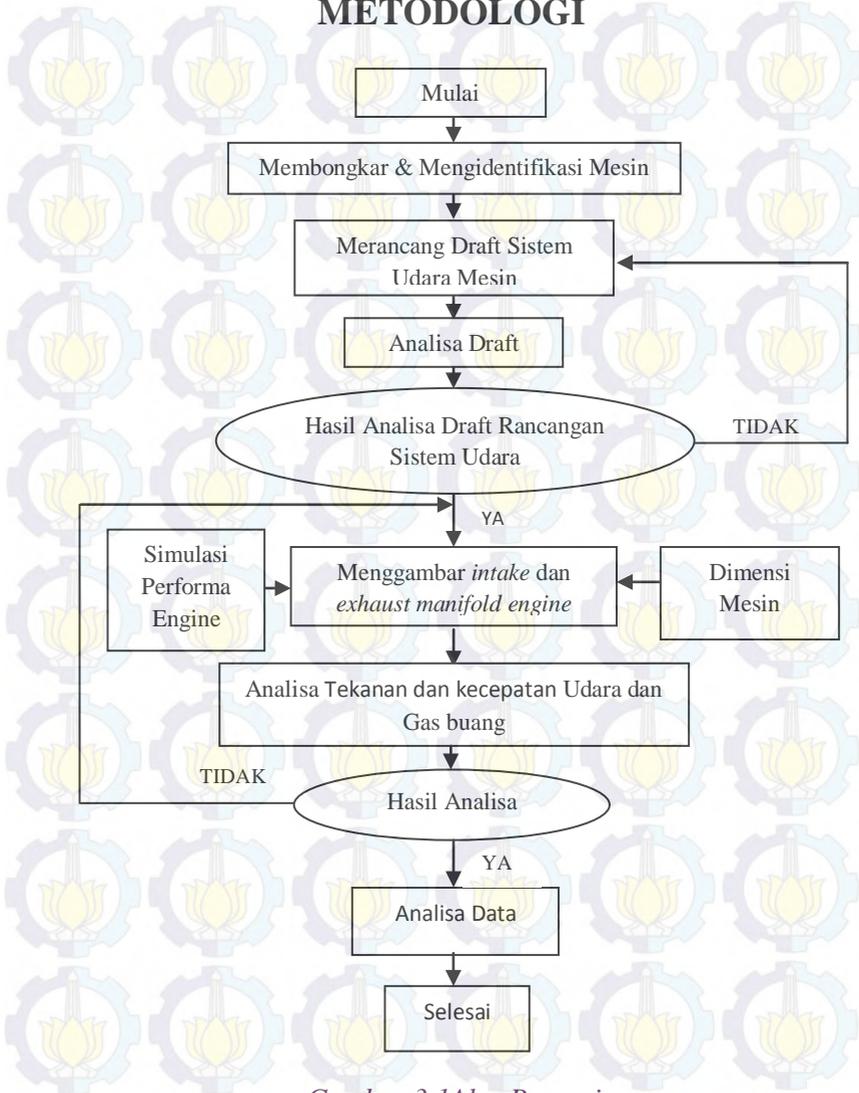
Pada akhir tahun 1970, pendekatan CFD ( menggunakan supercomputers untuk menyelesaikan masalah aerodynamics) mulai memberikan hasil. Percobaan yang berhasil oleh NASA aircraft disebut HiMAT( Highly maneuverable Aircraft Technology), yang didesain untuk konsep percobaan maneuver hebat yang akan diaplikasikan untuk generasi penerus dari pesawat *fighter*. Test *wind tunnel* pada desain awal HiMAT menunjukkan bahwa itu tidak dapat mencapai kecepatan mendekati kecepatan suara; jika dibuat dengan cara itu pesawat tersebut tidak akan menyediakan data yang bermanfaat. Biaya redesain dalam pembuatan wind tunnel adalah sekitar 150,000 dolar dan akan menunda proyek pengerjaan. Malah, wing dari HiMAT telah didesain dengan computer dengan biaya 6,000 dolar (Cerruzi dan Curator, 1989)





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI



Gambar 3.1 Alur Pengerjaan Penelitian

Dalam mendesain *intake* dan *exhaust manifold* pada penelitian ini dilakukan metode *reverse engineering*, yaitu metode mencari dan menemukan teknologi yang bekerja di balik suatu sistem, perangkat atau objek, melalui sebuah proses analisa mendalam pada struktur, fungsi dan cara kerja sistem, perangkat atau objek yang diteliti. Untuk dapat melaksanakan penelitian dengan metode ini dirancang sebuah alur penelitian yang disusun pada gambar 3.1.

### **3.1 Membongkar dan Mengidentifikasi Mesin**

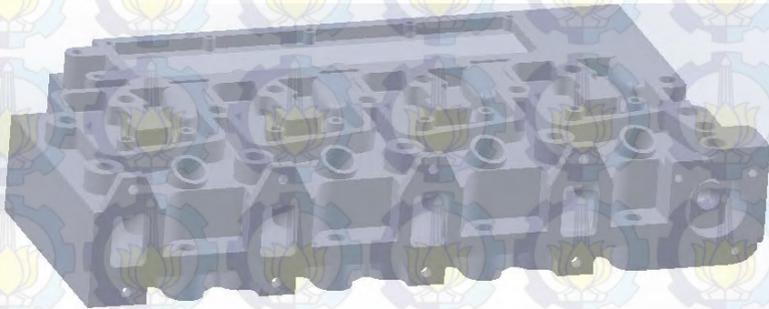
Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membongkar dan mengidentifikasi mesin. Dalam penelitian ini identifikasi secara khusus terjadi pada rancangan *intake* dan *exhaust manifold*. Pengukuran dimensi *intake* dan *exhaust manifold* untuk selanjutnya dimasukan didalam data pengukuran. Data data yang berkaitan dengan ini juga dapat didapatkan dari *manual book engine*.

### **3.2 Merancang Draft Sistem Udara Mesin**

Langkah selanjutnya adalah merancang sistem udara untuk mesin yang berawal dari udara masuk dari Filter udara hingga keluar ke *exhaust pipe* seperti yang digambarkan pada gambar 2.1.

### 3.3 Menggambar *intake cone* pada *cylinder head*

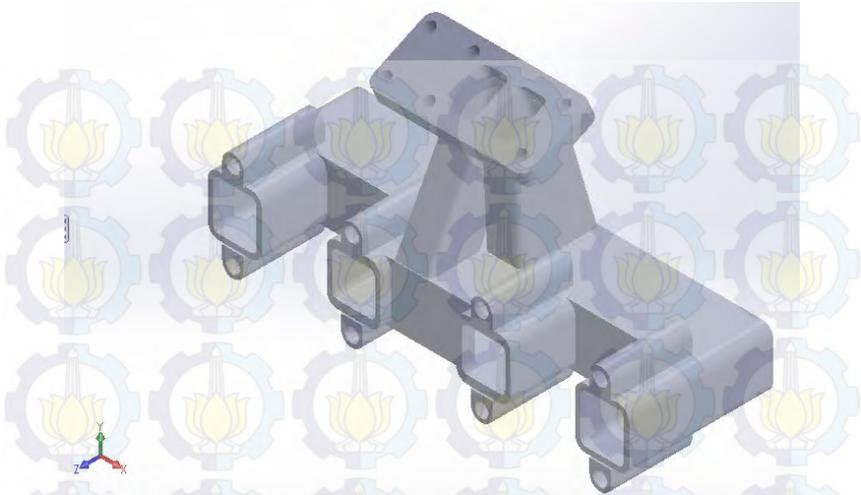
Menggambar *intake cone* dilakukan dengan menggambar *cylinder head engine* karena jalur udara bersih yang keluar dari *intercooler* langsung masuk kedalam *cylinder head* yang selanjutnya diarahkan kedalam masing masing *cylinder* oleh jalur udara *intake cone*



Gambar 3.2 Model 3D *cylinder head*

### 3.4. Menggambar *exhaust manifold*

Menggambar *Exhaust Manifold* dilakukan berdasarkan ukuran sebenarnya dalam bentuk tiga dimensi. Dalam menggambar exhaust manifold terdapat hal hal yang harus diperhatikan yaitu susunan alur pipa gas buang berdasarkan *firing order* dari mesin. Selain itu penggambaran juga disesuaikan dengan silinder head dimana aliran udara *exhaust* akan dialirkan *manifold* menuju *turbocharge*



*Gambar 3.3 Model 3D Exhaust Manifold*

### **3.5 Analisa Aliran Udara**

Analisa aliran fluida pada exhaust manifold ini dilakukan untuk mengetahui output *Pressure*, *Temperature*, serta *Flow rate* sesuai dengan kebutuhan dari sistem udara. Data yang didapat dari dimensi engine diinput pada software untuk selanjutnya disimulasikan prediksi performa engine. Dari simulasi tersebut didapatkan *output* berupa data yang dibutuhkan untuk selanjutnya dilakukan simulasi aliran pada *intake* dan *exhaust manifold*

### 3.5.1 Simulasi Aliran Udara pada Intake dan Exhaust Manifold

Untuk melakukan simulasi aliran fluida udara *intake* dan gas *exhaust* maka dibutuhkan data tekanan, temperature, serta flowrate pada kondisi 2200 rpm yang selanjutnya diinputkan untuk mengetahui hasil simulasi. Simulasi dilakukan dengan model 3D yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dan 3.4 sehingga didapatkan hasil simulasi yang menunjukkan aliran fluida pada *intake* dan *exhaust manifold* serta tekanan dan kecepatan fluida pada *intake* dan *exhaust manifold*.

Dari hasil prediksi performa engine didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada table 3.1 dan table 3.2

Table 3.1 Intake Cone Data

Intake Cone			
Input	Kecepatan rata-rata	Tekanan rata-rata	Flowrate rata-rata
Cylinder 1	7,89 m/s	1,6 Bar	0,00357 m <sup>3</sup> /s
Cylinder 2	7,89 m/s	1,6 Bar	0,00357 m <sup>3</sup> /s
Cylinder 3	7,89 m/s	1,6 Bar	0,00357 m <sup>3</sup> /s
Cylinder 4	7,89 m/s	1,6 Bar	0,00357 m <sup>3</sup> /s

*Table 3.2 Exhaust manifold Data*

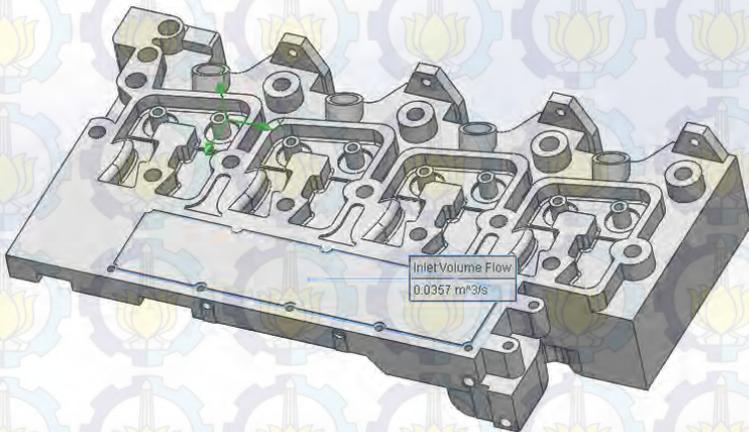
Exhaust Manifold		
Input	Kecepatan rata-rata	Tekanan rata-rata
Cylinder 1	7,89 m/s	1,6 Bar
Cylinder 2	7,89 m/s	1,6 Bar
Cylinder 3	7,89 m/s	1,6 Bar
Cylinder 4	7,89 m/s	1,6 Bar

Pada simulasi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software Solidworks 2013 64Bit. Dengan menggunakan software ini hasil simulasi akan lebih cepat akan tetapi tetap menghasilkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan software lainnya.



*Gambar 3.4 input data untuk simulasi*

Setelah diinput data mengenai kecepatan, debit aliran, serta tekanan. Maka akan didapatkan keterangan mengenai data data yang sudah kita input untuk selanjutnya dapat dilakukan simulasi aliran udara dan gas buang pada intake dan exhaust manifold seperti yang dilihat pada gambar 3.6



*Gambar 3.5 input data airflow pada intake cone*

### **3.5.2 Analisa Aliran Simulasi**

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menganalisa hasil simulasi pada *intake* dan *exhaust manifold* apakah alirannya sesuai dengan yang diharapkan, apakah tekanan dan kecepatan pada *intake* dan *exhaust manifold* sesuai dengan kebutuhan sistem pembakaran engine, apakah tekanan dan kecepatan gas buang pada *exhaust manifold* sesuai dengan kebutuhan sistem udara engine.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV

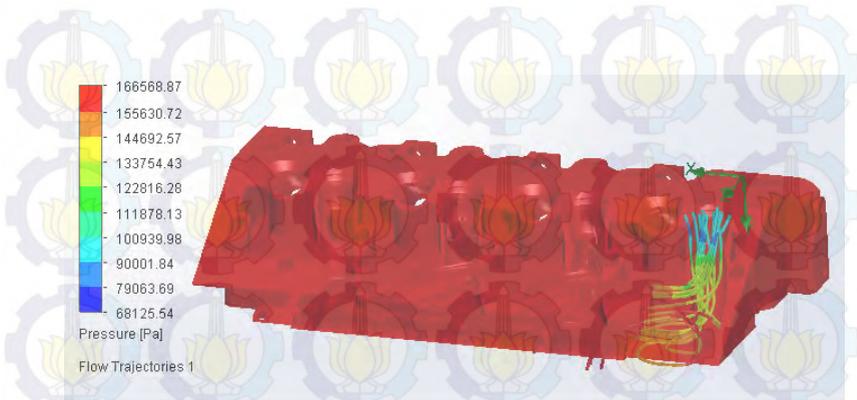
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Desain dari *intake cone* dan *exhaust manifold* ditunjukkan oleh gambar 3.3 dan 3.4. Dari hasil desain *intake cone* dan *exhaust manifold* lalu dilakukan simulasi terhadap tekanan dan kecepatan fluida udara bersih untuk pembakaran engine dan gas buang hasil pembakaran apakah desain dari *intake cone* dan *exhaust manifold* sudah sesuai dengan desain yang diinginkan. Pada proses desain *intake cone* maka yang digambar adalah *cylinder head* dikarenakan jalur udara bersih hasil pendinginan intercooler langsung masuk kedalam *cylinder head* yang terdapat *intake cone*.

#### 4.1 Analisa Tekanan *intake cone* dan *exhaust manifold*

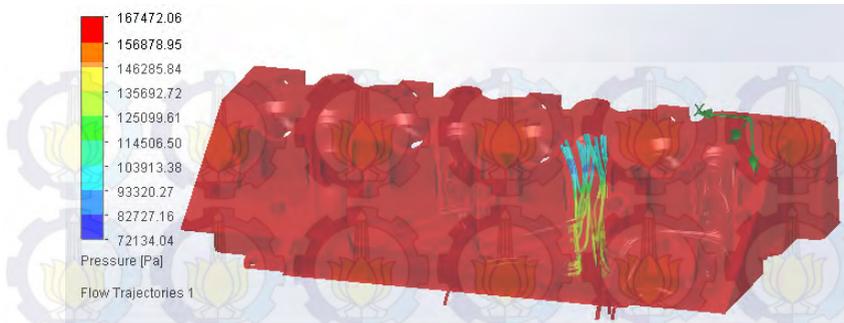
Pada simulasi ini disimulasikan dengan menggunakan data tekanan yang keluar dari *intercooler* yang akan masuk kedalam *intake cone* dan tekanan yang keluar dari *cylinder head* yang akan masuk kedalam *exhaust manifold*. simulasi dilakukan pada saat kondisi engine 2200 RPM

#### 4.1.1 Analisa Tekanan Intake cone pada cylinder head



Gambar 4.1 Hasil Simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 1

Gambar 4.1 adalah hasil dari simulasi Persebaran tekanan yang terjadi pada *intake cone* yang terjadi saat silinder 1 pada saat melakukan langkah buang. Dari hasil simulasi didapatkan output dari jalur udara bersih yang masuk kedalam ruang bakar *engine* sebesar 1 sampai 1,12 Bar ketika silinder 1 menghisap udara bersih pada 2200 RPM. Hasil simulasi pada gambar 4.3 menunjukkan persebaran tekanan fluida udara bersih pada *intake cone* sangat bervariasi. Untuk aliran yang berwarna merah tekanan yaitu 1,5 sampai 1,6 bar. Sedangkan persebaran tekanan udara pada jalur *intake cone* untuk mesuplai udara pada silinder 1 yaitu 1 sampai 1,4 bar.



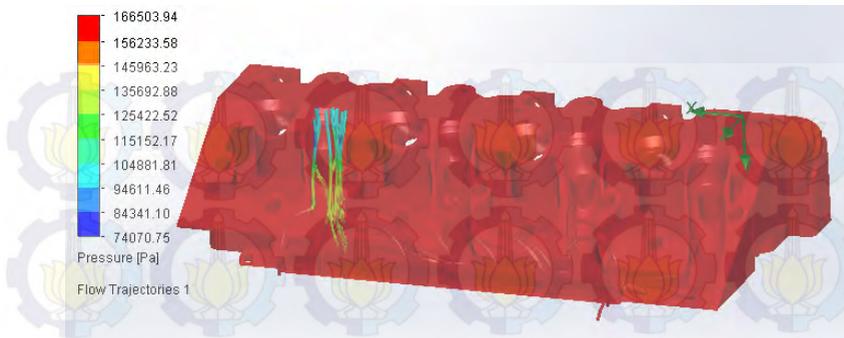
*Gambar 4.2 Hasil Simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 2*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa dari hasil simulasi persebaran tekanan pada jalur udara bersih pada *cylinder head* untuk mensuplai udara bersih silinder 2 adalah dihasilkan output tekanan yang masuk kedalam silinder 2 adalah sebesar 1,03 sampai 1,14 bar pada 2200 RPM engine. Hasil simulasi pada gambar 4.4 menunjukkan persebaran tekanan pada *intake cone* yang bervariasi. Untuk aliran fluida berwarna merah terjadi persebaran tekanan 1,5 sampai 1,6 bar sedangkan pada jalur udara bersih yang akan mensuplai silinder 2 didapatkan persebaran tekanan udara 1 sampai 1,4 bar.



*Gambar 4.3 Hasil Simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 3*

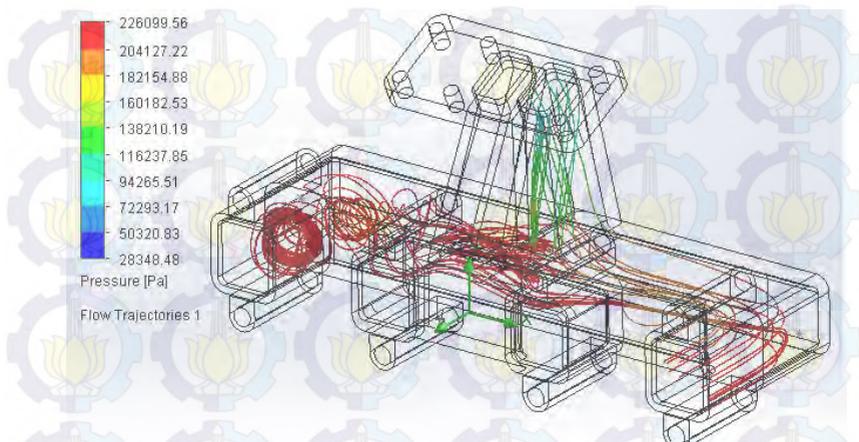
Hasil simulasi persebaran tekanan yang ditunjukkan oleh gambar 4.3 adalah persebaran tekanan udara bersih pada jalur udara bersih untuk pembakaran yang akan mensuplai udara bersih menuju silinder 3. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan output tekanan udara bersih yang masuk kedalam silinder adalah 1,06 sampai 1,16 bar pada 2200 RPM. Persebaran tekanan udara bersih hasil simulasi yang ditunjukkan pada gambar 4.5 adalah udara bertekanan 1,5 sampai 1,6 bar ditunjukkan oleh aliran yang berwarna merah. Sedangkan persebaran udara bersih yang akan dimasukkan kedalam silinder 3 berkisar 1 sampai 1,4 bar.



*Gambar 4.4 Hasil Simulasi intake cone terhadap tekanan pada silinder 4*

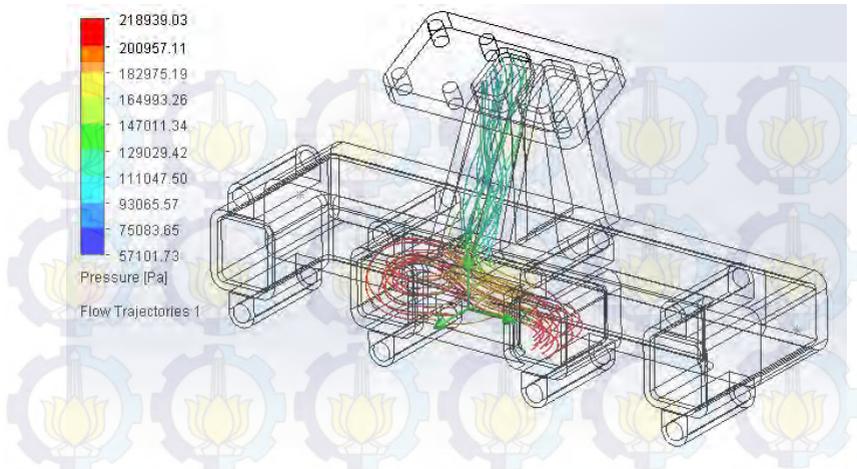
Pada simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 ditunjukkan bahwa dihasilkan output udara bersih dari intake cone yang akan masuk ke dalam silinder 4 adalah sebesar 1,04 sampai 1,15 bar pada 2200 RPM. Persebaran tekanan udara bersih intake cone yang akan masuk ke dalam silinder 4 ditunjukkan oleh gambar 4.6. Untuk aliran yang berwarna merah, persebaran tekanan udara berkisar 1,5 sampai 1,6 bar sedangkan untuk persebaran tekanan pada jalur untuk mensuplai silinder 4 adalah berkisar 1 sampai 1,4 bar.

### 4.1.2 Analisa Tekanan *exhaust manifold*



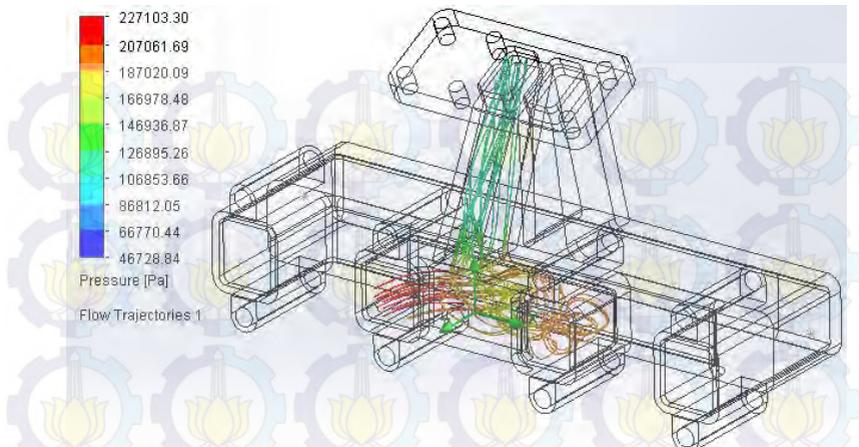
*Gambar 4.5 Hasil Simulasi tekanan gas buang pada silinder 1*

Gambar 4.5 menunjukkan hasil persebaran tekanan yang terjadi didalam *exhaust manifold* pada saat silinder 1 melakukan langkah buang dengan menghasilkan gas buang dengan dari *exhaust valve* sebesar 2,07 bar. Dari hasil simulasi didapat persebaran tekanan gas buang pada jalur *exhaust manifold*. Aliran yang berwarna merah terdapat persebaran gas buang dengan tekanan 2,04 sampai 2,07 bar. Ketika ga buang berada pada jalur *exhaust* yang akan menuju turbin *turbocharger* didapat tekanan udara berkisar 1,1 sampai 1,6 bar. Dari hasil simulasi, untuk tekanan gas buang yang akan keluar dari *exhaust manifold* ketika silinder 1 melakukan langkah buang adalah sebesar 1,1 sampai 1,3 bar.



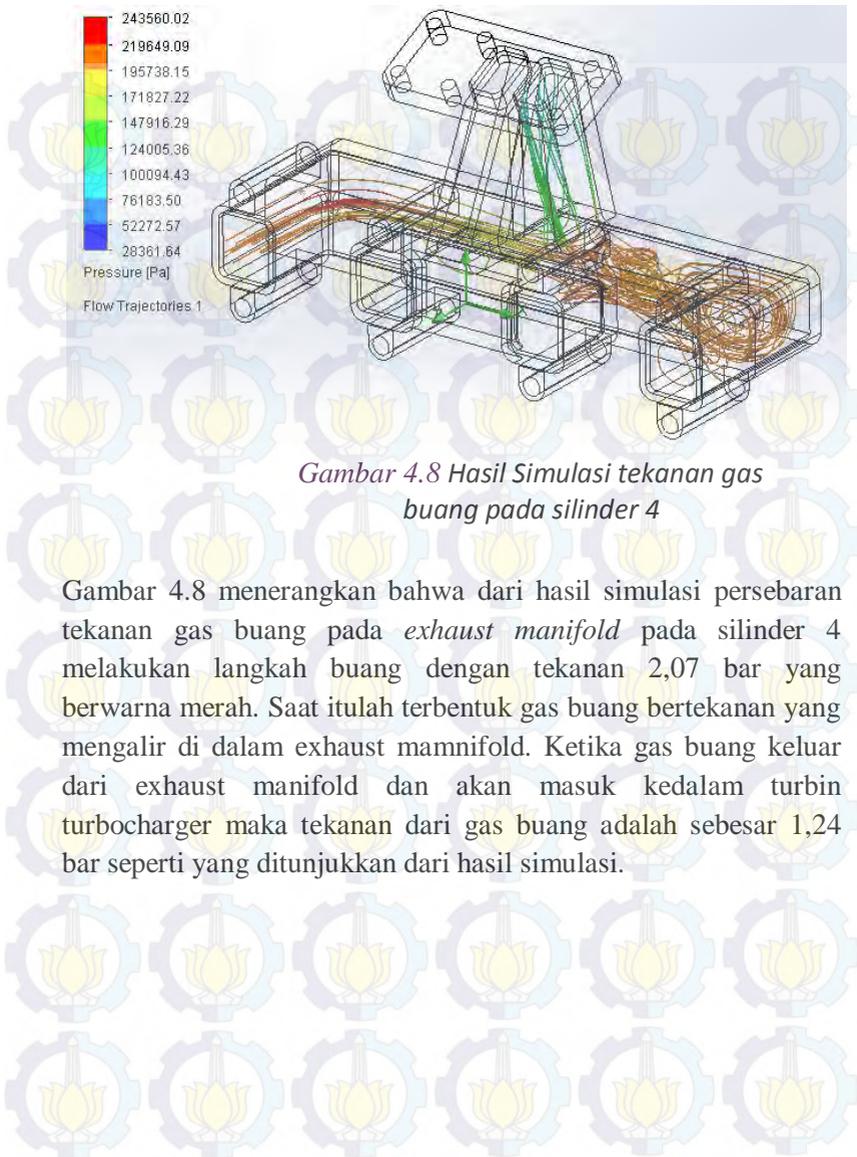
*Gambar 4.6 Hasil Simulasi tekanan gas buang pada silinder 2*

Dari hasil simulasi tekanan gas buang pada *exhaust manifold* saat silinder 2 melakukan langkah buang gas hasil pembakaran yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dapat dilihat hasil simulasi persebaran tekanan gas buang pada exhaust yang ditunjukkan pada aliran berwarna merah yaitu 2 sampai 2,07 bar sedangkan untuk jalur yang mendekati output gas buang persebaran tekanan berkisar antara 1,1 sampai 1,3 bar. Pada saat gas buang akan memasuki turbin *turbocharger* maka tekanan gas buang adalah sekitar 1,1 sampai 1,3 bar.



*Gambar 4.7 Hasil Simulasi tekanan gas buang pada silinder 3*

Pada gambar 4.7 dapat dilihat hasil simulasi persebaran tekanan gas buang pada *exhaust manifold* pada saat silinder 3 melakukan langkah buang. Dari hasil simulasi terlihat aliran yang berwarna merah memiliki tekanan gas buang antara 1,07 bar sedangkan pada saat gas buang berada di jalur output dari *exhaust manifold* maka tekanan berkurang menjadi sekitar 1,2 bar.



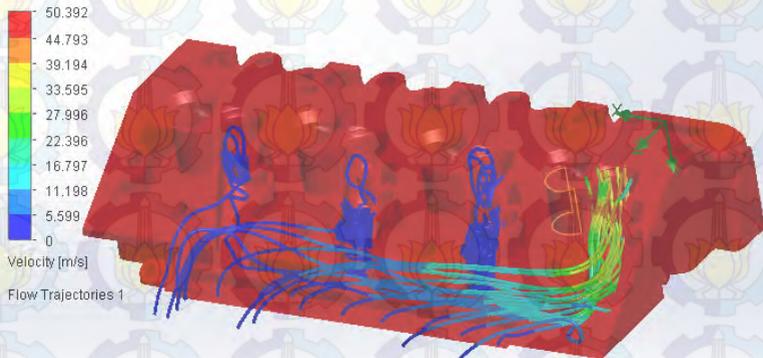
*Gambar 4.8 Hasil Simulasi tekanan gas buang pada silinder 4*

Gambar 4.8 menerangkan bahwa dari hasil simulasi persebaran tekanan gas buang pada *exhaust manifold* pada silinder 4 melakukan langkah buang dengan tekanan 2,07 bar yang berwarna merah. Saat itulah terbentuk gas buang bertekanan yang mengalir di dalam exhaust manifold. Ketika gas buang keluar dari exhaust manifold dan akan masuk kedalam turbin turbocharger maka tekanan dari gas buang adalah sebesar 1,24 bar seperti yang ditunjukkan dari hasil simulasi.

## 4.2 Analisa Kecepatan *intake cone* dan *exhaust manifold*

Pada simulasi ini disimulasikan dengan menggunakan data kecepatan udara bersih yang keluar dari *intercooler* yang akan masuk kedalam *intake cone* dan kecepatan gas buang yang keluar dari *cylinder head* yang akan masuk kedalam *exhaust manifold*. simulasi dilakukan pada saat kondisi engine 2200 RPM

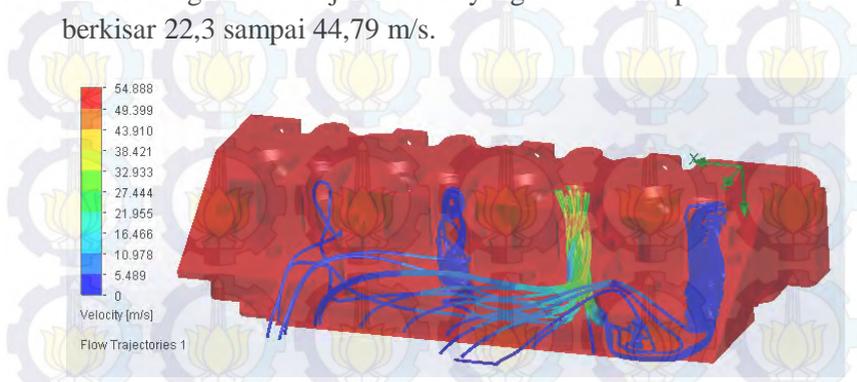
### 4.2.1 Analisa Kecepatan *exhaust manifold*



Gambar 4.9 Hasil Simulasi kecepatan udara bersih *intake cone* pada silinder 1

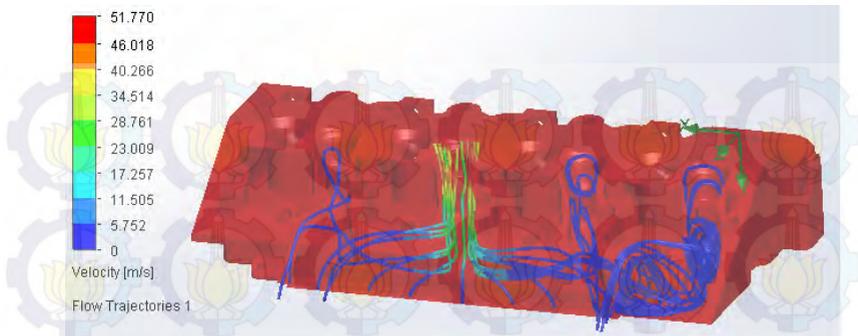
Gambar 4.9 menunjukkan hasil simulasi fluida udara bersih yang masuk menuju silinder 1 didapatkan hasil simulasi yang menunjukkan bahwa kecepatan fluida udara bersih yang keluar dari *intake cone* yang akan masuk kedalam ruang bakar untuk selanjutnya digunakan dalam proses pembakaran adalah sebesar 27,9 sampai 33,5 m/s pada 2200 RPM *engine*. Untuk aliran yang

berwarna hijau menunjukkan persebaran kecepatan udara 0 – 5,5 m/s. sedangkan untuk jalur udara yang akan mensuplai silinder 1 berkisar 22,3 sampai 44,79 m/s.



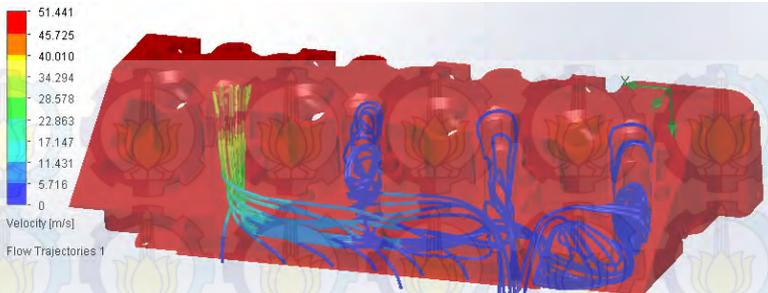
*Gambar 4.10 Hasil Simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 2*

Pada gambar yang ditunjukkan gambar 4.10, didapatkan hasil simulasi kecepatan udara bersih pada *intake cone* yang akan masuk kedalam silinder 2 adalah sebesar 27,4 sampai 32,9 m/s pada 2200 RPM engine. aliran berwarna biru yang ditunjukkan oleh hasil simulasi menunjukkan persebaran kecepatan fluida udara bersih dengan kecepatan 0 – 5,4 m/s sedangkan untuk kecepatan udara yang akan dialirkan menuju silinder 3 berkisar antara 2,1 sampai 43,9 m/s.



*Gambar 4.11 Hasil Simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 3*

yang ditunjukkan dari hasil simulasi pada gambar 4.11 adalah pesebaran kecepatan fluida udara bersih yang berada didalam *intake cone* yang akan dimasukkan kedalam ruang bakar. Dari hasil simulasi ditunjukkan aliran yang berwarna biru terdapat pergerakan fluida dari 0 – 5,752 m/s sedangkan pada jarus udara bersih yang akan menuju silinder 3 didapatkan kecepatan udara bersih dengan kecepatan 23,01 sampai 40,2 m/s. dari hasil simulasi tersebut didapatkan data kecepatan yang akan masuk kedalam silinder 3 adalah 28, 76 sampai 34,5 m/s.

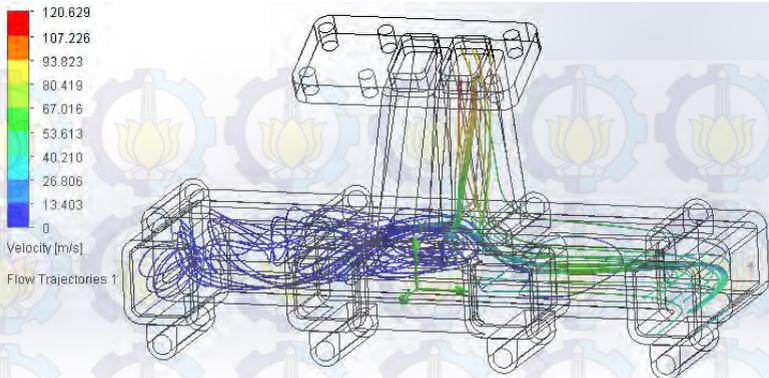


*Gambar 4.12 Hasil Simulasi kecepatan udara bersih intake cone pada silinder 4*

Pada simulasi kecepatan udara bersih *intake cone* untuk silinder 4 pada gambar 4.12 dapat digambarkan persebaran kecepatan udara bersih untuk mesuplai silinder 4. Terlihat terdapat berbagai macam kecepatan fluida pada intake cone yaitu untuk fluida yang berwarna biru terjadi pergerakan fluida 0 sampai 5,571 m/s. pada jalur udara bersih yang akan mesuplai silinder 4 terdapat kecepatan antara 22,8 sampai 45,725 m/s. untuk output keluar dari *intake cone* dan masuk kedalam ruang bakar *engine* didapatkan hasil simulasi kecepatan sebesar 34,29 sampai 40,01 m/s pada 2200 RPM *engine*.

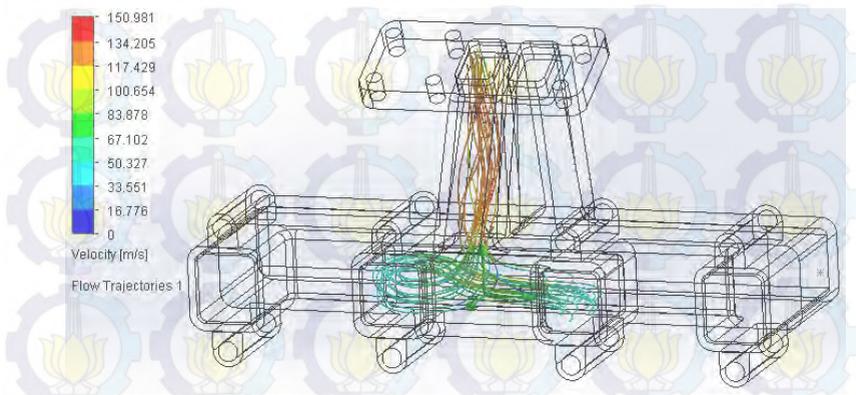
#### **4.2.2 Analisa Kecepatan *exhaust manifold***

Analisa dari kecepatan gas buang pada *exhaust manifold* dilakukan untuk mengetahui pergerakan gas buang dengan perbedaan kecepatan untuk masing masing letak disetiap jalur *exhaust manifold*.



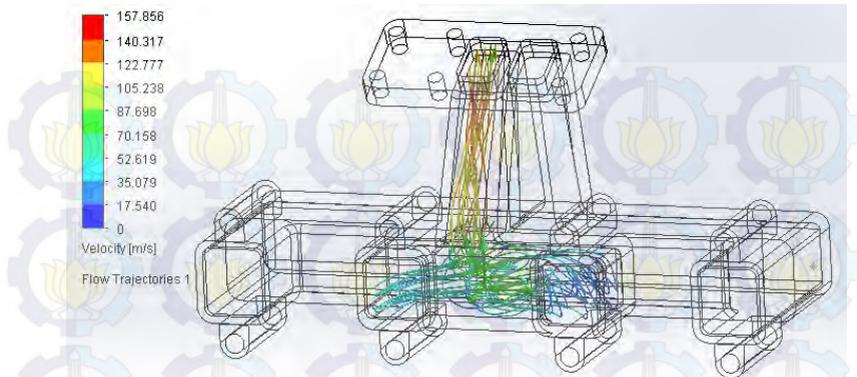
*Gambar 4.13 Hasil Simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 1*

Pada simulasi kecepatan gas buang pada saat silinder 1 melakukan langkah buang seperti yang terlihat pada gambar 4.13. kecepatan gas ketika baru memasuki *exhaust manifold* adalah sekitar 52,48 m/s. Dari hasil simulasi dapat terlihat untuk aliran yang berwarna hijau kecepatan gas rata rata sebesar 50-52,48 m/s. sedangkan untuk aliran gas yang berwarna biru tidak terjadi pergerakan gas buang yang signifikan dikarenakan lubang silinder 4 tertutup dan kecepatan fluida berwarna biru tidak melebihi 13 m/s. Ketika gas buang yang akan keluar dari exhaust manifold saat silinder 1 melakukan langkah buang yang terjadi terdapat aliran gas buang dengan kecepatan sekitar 93,8 m/s. hal ini disebabkan karena luas penampang dari output *exhaust manifold* yang lebih kecil jika dibandingkan input dari *exhaust manifold* sehingga terjadi peningkatan kecepatan fluida gas buang.



*Gambar 4.14 Hasil Simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 2*

Begitu juga yang terjadi pada hasil simulasi saat silinder 2 melakukan langkah buang seperti yang terlihat pada gambar 4.14. Akan tetapi gas buang dengan pergerakan lambat relatif lebih sedikit jika dibandingkan dengan silinder 1. Hal ini disebabkan karena jarak jalur output *exhaust manifold* dengan titik inlet dari *exhaust manifold* tidak terlalu jauh sehingga fluida gas bisa langsung berbelok menuju output *exhaust manifold*. Dari hasil simulasi didapatkan kecepatan fluida sebesar 117,429 m/s yang keluar dari *exhaust manifold* saat silinder 2 melakukan langkah buang.



*Gambar 4.15 Hasil Simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 3*

Hasil simulasi kecepatan gas buang silinder 3 pada gambar 4.15 tidak jauh berbeda dengan analisa kecepatan gas buang pada saat silinder 2 melakukan langkah buang. Dari hasil simulasi didapat aliran input dari *exhaust manifold* adalah sebesar 52,4 m/s dan menghasilkan kecepatan fluida gas buang saat keluar *exhaust manifold* dengan kecepatan 122,7 m/s saat silinder 3 melakukan langkah buang.



*Gambar 4.16 Hasil Simulasi kecepatan gas buang exhaust manifold pada silinder 4*

Simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.16 adalah simulasi kecepatan gas buang engine saat silinder 4 melakukan langkah buang. Dari hasil simulasi dapat dilihat berbagai kecepatan yang terjadi saat silinder 4 melakukan langkah buang, aliran awal masuk dengan kecepatan fluida gas buang 52,4 m/s lalu bergerak menabrak dari jalur gas buang silinder 1 sehingga gas bergerak menuju outlet exhaust yang tidak dalam keadaan tertutup. Pada saat fluida bergerak lurus menabrak saluran dari silinder 1 pergerakan fluida melambat hingga dibawah 40 m/s dan saat fluida gas buang keluar dari exhaust manifold didapatkan kecepatan sekitar 202 m/s ketika langkah buang pada silinder 4 dilakukan.

### 4.3 Pembahasan

Pada analisa aliran *intake* dan *exhaust manifold* didapatkan hasil berupa kecepatan dan tekanan fluida udara bersih pada *intake cone* dan gas buang pada *exhaust manifold*. fungsi dari *intake cone* yang merupakan penghubung dan pembagi jalur udara bersih masuk ke dalam silinder sangat penting untuk dilakukan analisa mengenai tekanan udara dan kecepatan udara dikarenakan menyangkut performa engine yang berhubungan langsung dengan hasil pembakaran. Aliran gas buang pada *exhaust manifold* juga merupakan aliran yang dianalisa karena tekanan dan kecepatan fluida gas buang sangat berpengaruh pada kebutuhan *turbocharger* untuk melakukan kerja secara optimal dengan asupan gas buang yang baik. Dari hasil simulasi didapatkan data mengenai kecepatan dan tekanan udara bersih yang akan masuk kedalam silinder dan kecepatan dan tekanan gas buang yang keluar dari *exhaust manifold*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hasil analisa pada aliran udara bersih pada *intake cone* dan gas buang pada *exhaust manifold* ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisa tekanan udara bersih yang akan masuk kedalam ruang bakar sudah sesuai dengan yang dibutuhkan engine. Dari hasil simulasi didapatkan data tekanan pada *intake cone* adalah 1,12 bar pada silinder 1, 1,14 bar pada silinder 2, 1,16 bar pada silinder 3, dan 1,15 bar pada silinder 4. Sedangkan untuk tekanan gas buang dari *exhaust manifold* sudah sesuai dengan yang dibutuhkan *turbocharger* yaitu sebesar 1,6 bar pada silinder 1, 1,3 bar pada silinder 2, 1,2 bar pada silinder 3, dan 1,24 bar pada silinder 4.
2. Hasil analisa kecepatan pada *intake cone* saat akan masuk kedalam ruang bakar adalah 33,5 m/s pada silinder 1, 32,9 m/s pada silinder 2, 34,5 m/s pada silinder 3, dan 34,29 m/s pada silinder 4. Sedangkan untuk kecepatan gas buang pada saat keluar *exhaust manifold* sudah sesuai dengan kebutuhan *turbocharger* yaitu sebesar 93,8 m/s pada silinder 1, 117,42 m/s pada silinder 2, 1227,7 m/s pada silinder 3, dan 202 m/s pada silinder 4.

## 5.2 Saran

Dalam pengerjaan Skripsi ini, masih ada beberapa hal yang harus dikembangkan untuk penelitian yang sejenis. Adapun saran – saran yang diberikan penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan desain *intake* dan *exhaust manifold* yang lebih baik untuk dapat lebih meningkatkan efisiensi *intake* dan *exhaust manifold* dalam mengalirkan fluida udara dan gas buang
2. Dilakukannya berbagai desain *intake* dan *exhaust manifold* dengan berbagai macam jenis dan tipe

**DAFTAR PUSTAKA**

Ali, N. S. 2005. Reverse Engineering of Automation parts Applying laser Scanning and Structural Light Techniques. Disertasi. Master of Science Degree The University of Tennessee, Knoxville

Anonim. 2011. Motor Bakar. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/34223/4/Chapter%20II.pdf>. 14 juni 2014

Ferguson, Colin R. 1986. Internal Combustion Engine Applied Thermosciences. Purdue university

Aksel, M. haluk. Eralp, O.Cahit. 1994. Gas Dinamics. Turkey: Middle East Technical University

Anderson, John D. 1995. Computational Fluid Dinamics. Department of Aerospace Engineering University of Maryland

McDonough, J. M.2007. Computation fluid dynamics of compressible flow. Departments of Mechanical Engineering and Mathematics University of Kentucky

Gudimetal P, Gopinath C. V. 2009. Finite Element Analysis of Reverse Engineered Internal Combustion Engine. King Mongkut's University of Technology

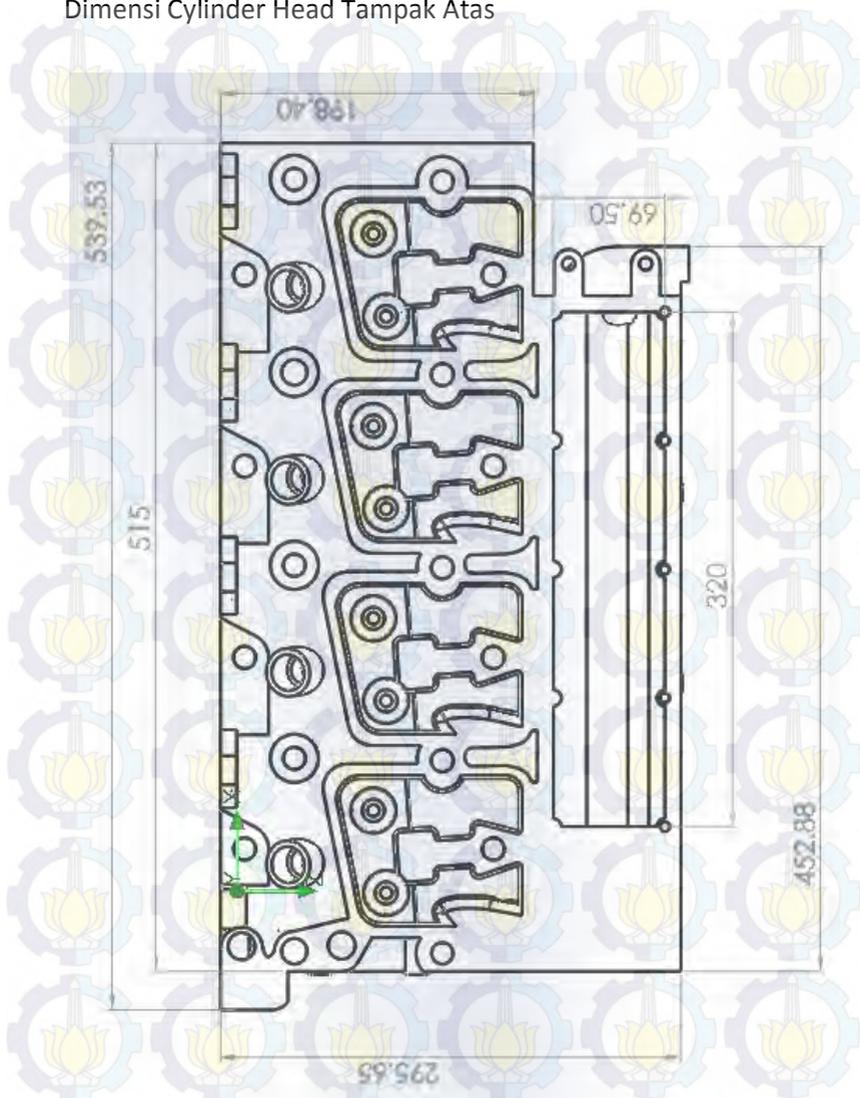
Ahlm, Per. Froode, Erik. 2011. Manifold Design for a Marine Diesel Air Intake System. Chalmers University of Technology

Sinaga, Danel Fr. 2014. Pengaruh Perubahan Bentuk Intake Manifold terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel dengan Metode Simulasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surono, Untoro Budi. Winarno, Joko. Alaudin, Fuad. 2012. Pengaruh Penambahan Turbulator Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin 4 Tak

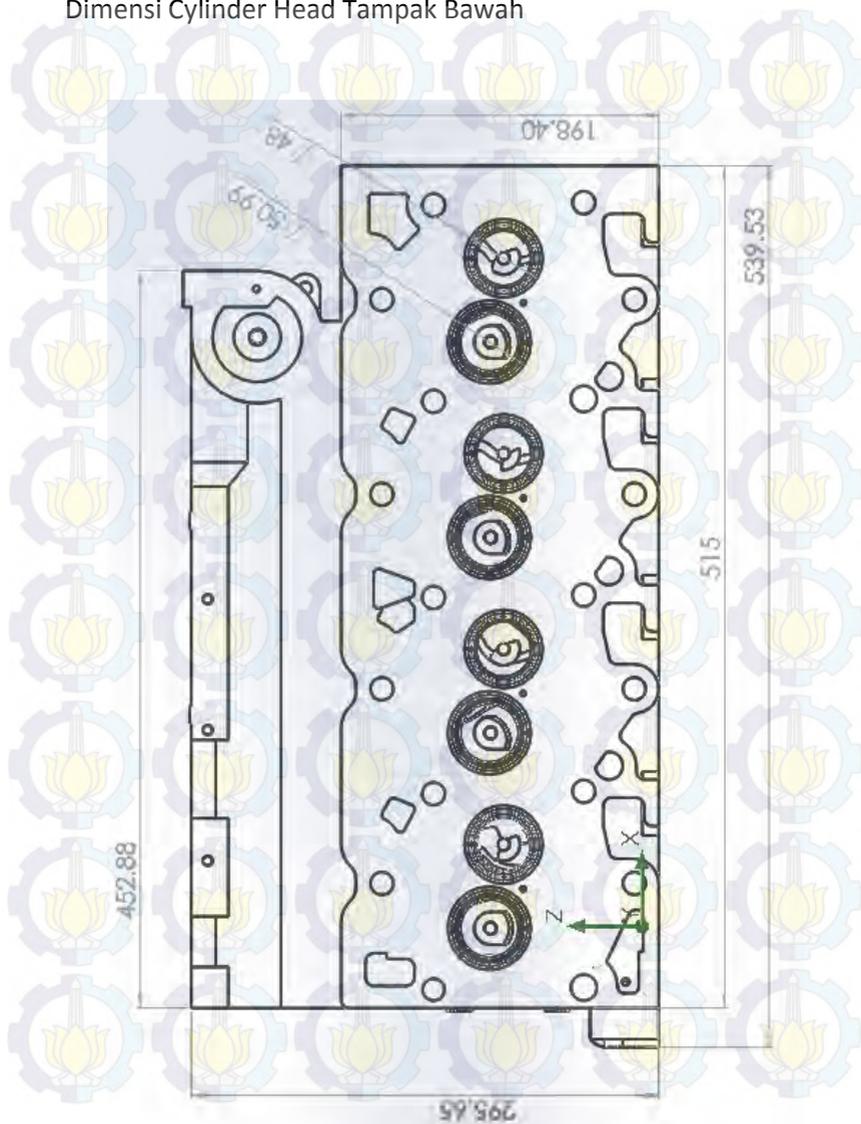
## LAMPIRAN A

### Dimensi Cylinder Head Tampak Atas



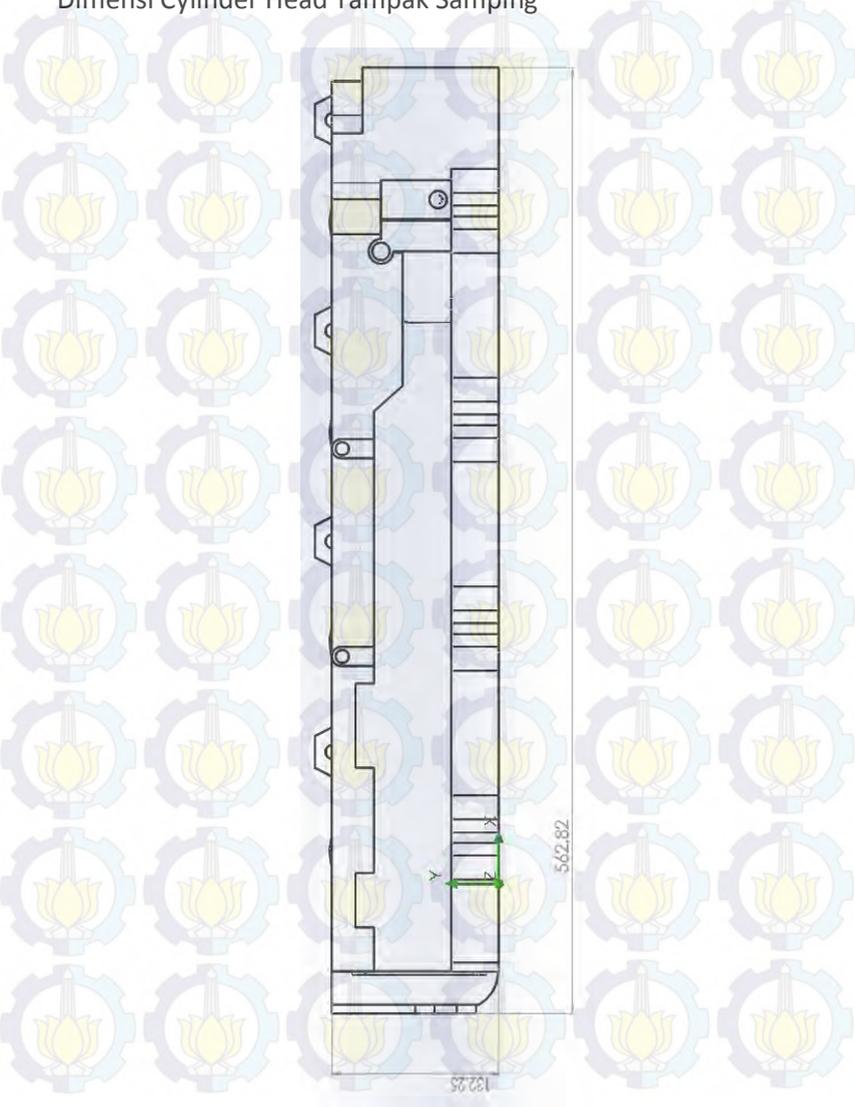
## LAMPIRAN B

### Dimensi Cylinder Head Tampak Bawah



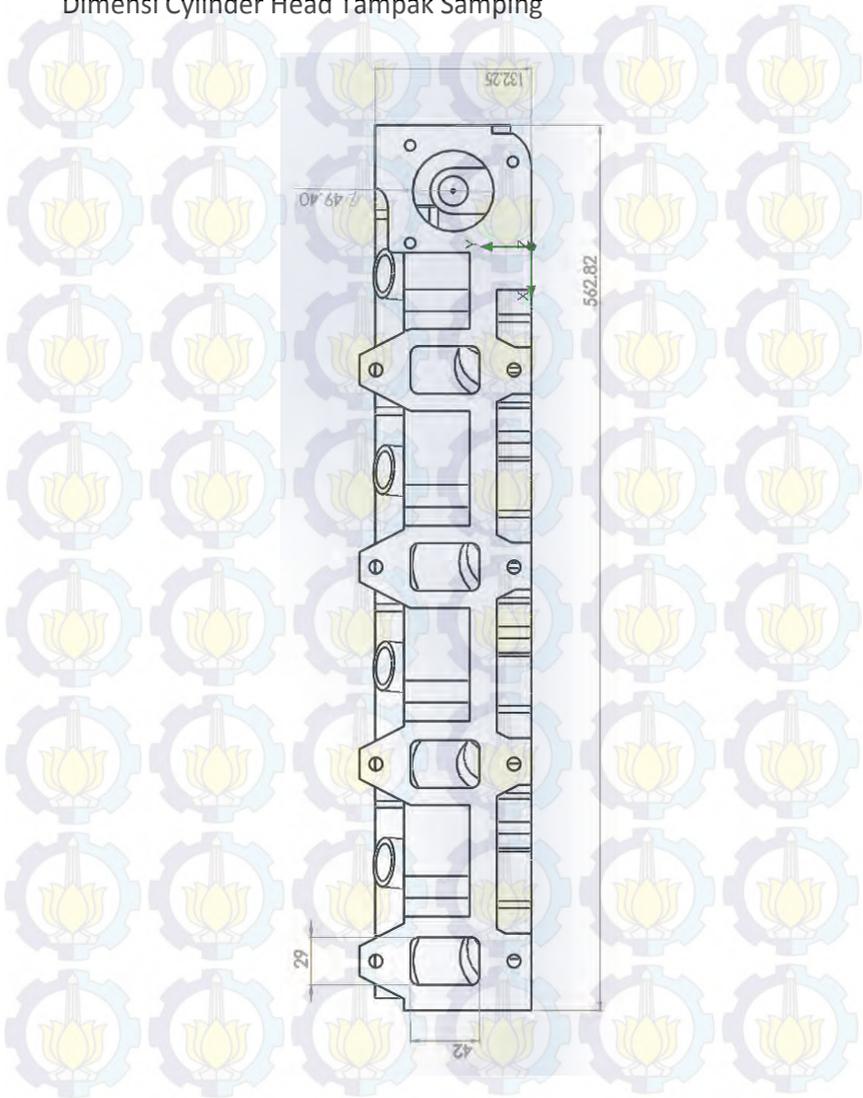
LAMPIRAN C

Dimensi Cylinder Head Tampak Samping



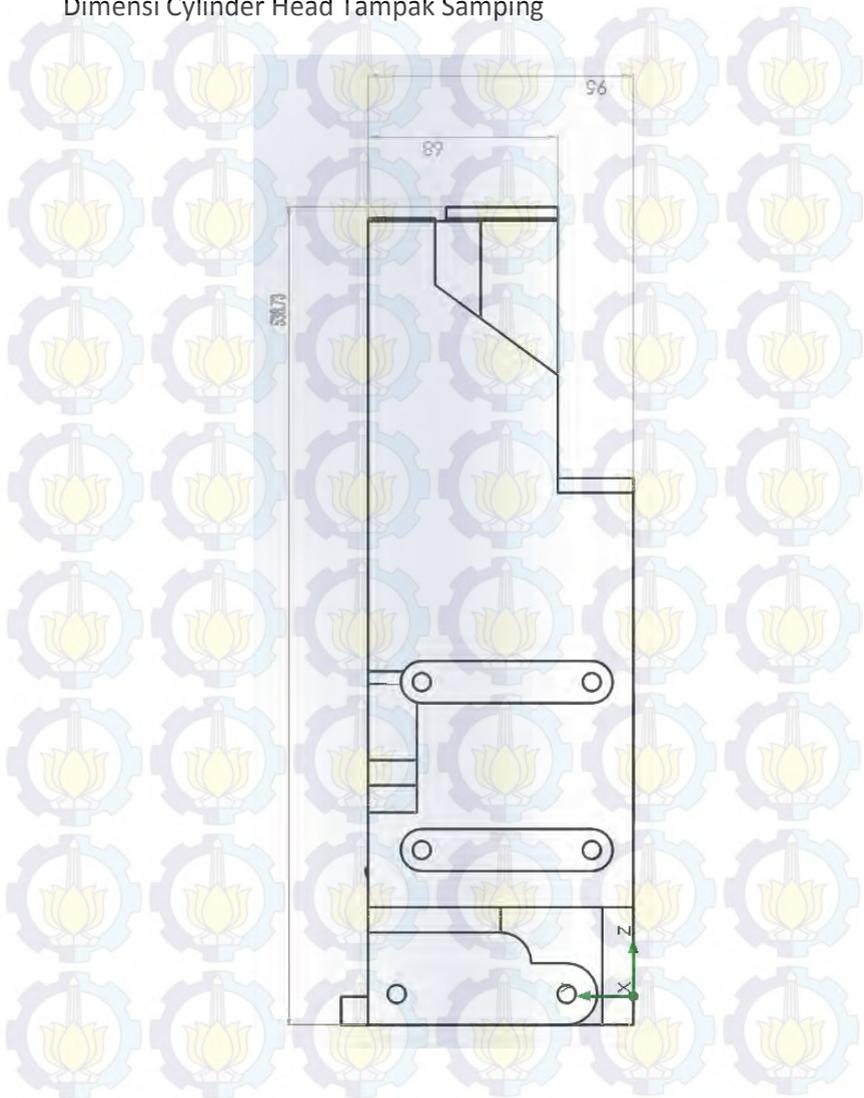
## LAMPIRAN C (Lanjutan)

### Dimensi Cylinder Head Tampak Samping



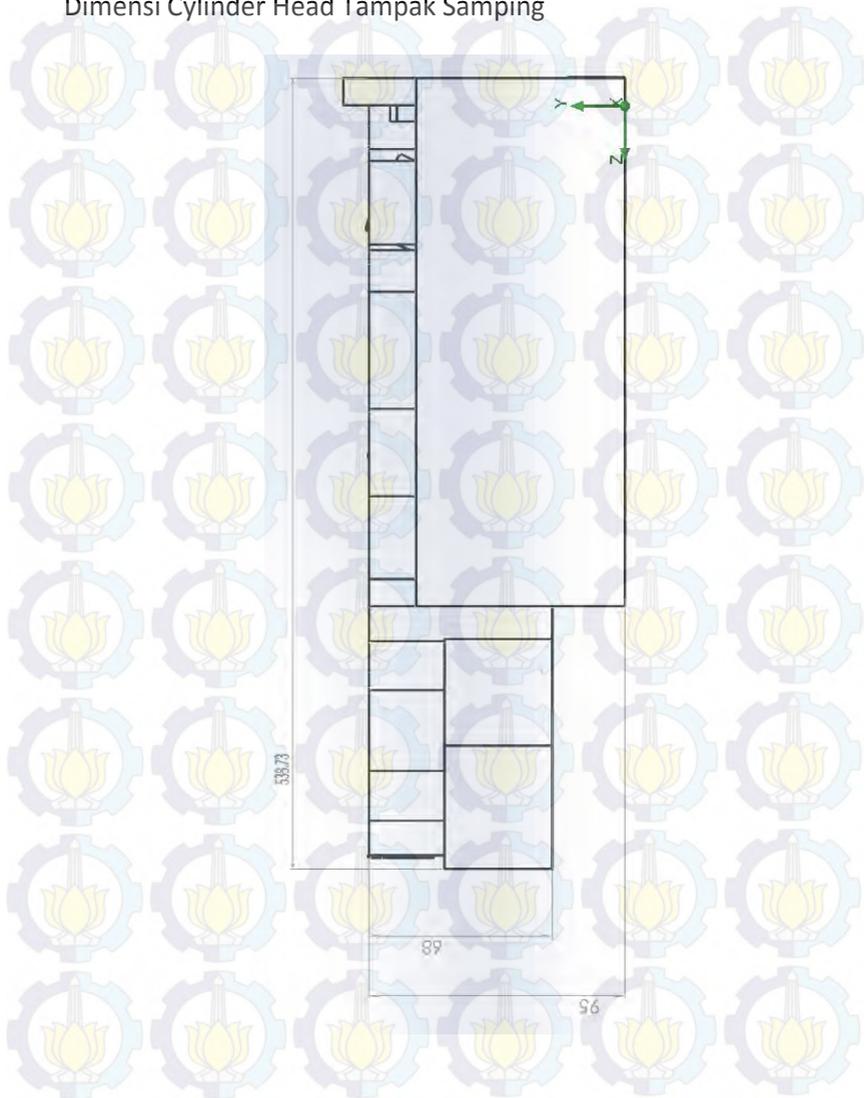
## LAMPIRAN C (Lanjutan)

### Dimensi Cylinder Head Tampak Samping



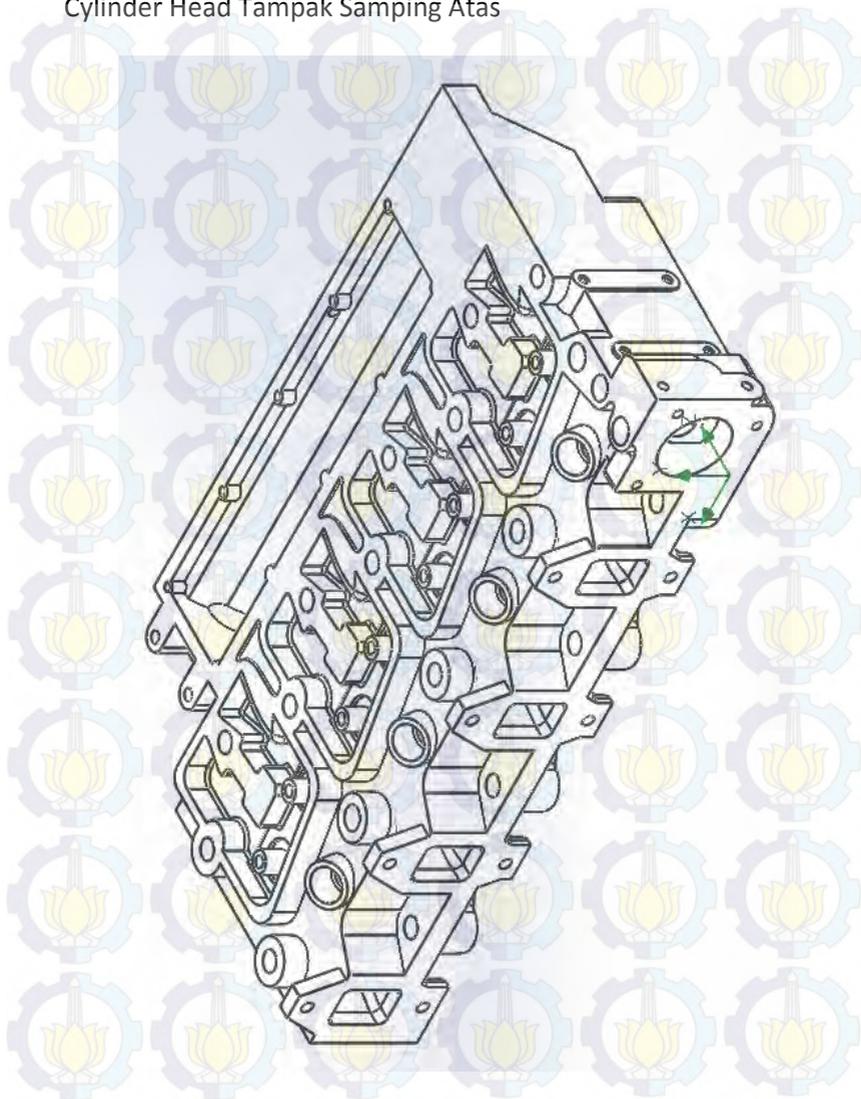
## LAMPIRAN C (Lanjutan)

### Dimensi Cylinder Head Tampak Samping



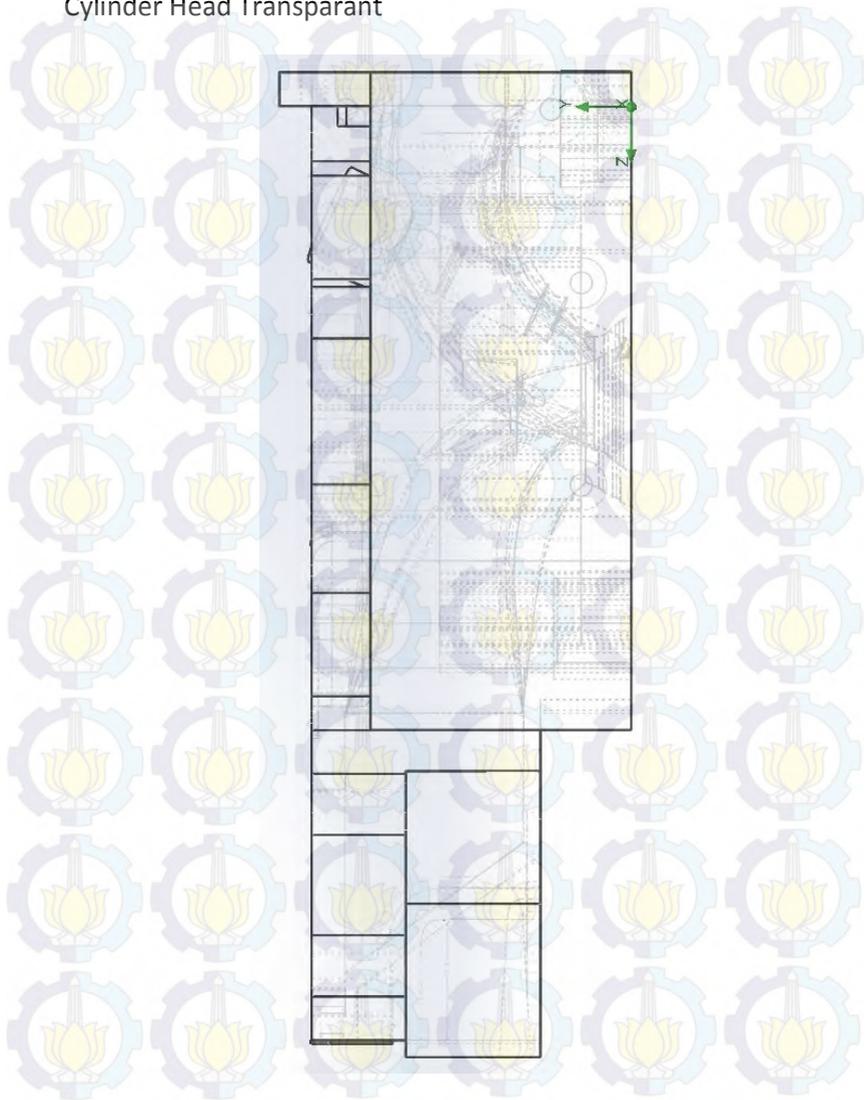
## LAMPIRAN D

### Cylinder Head Tampak Samping Atas



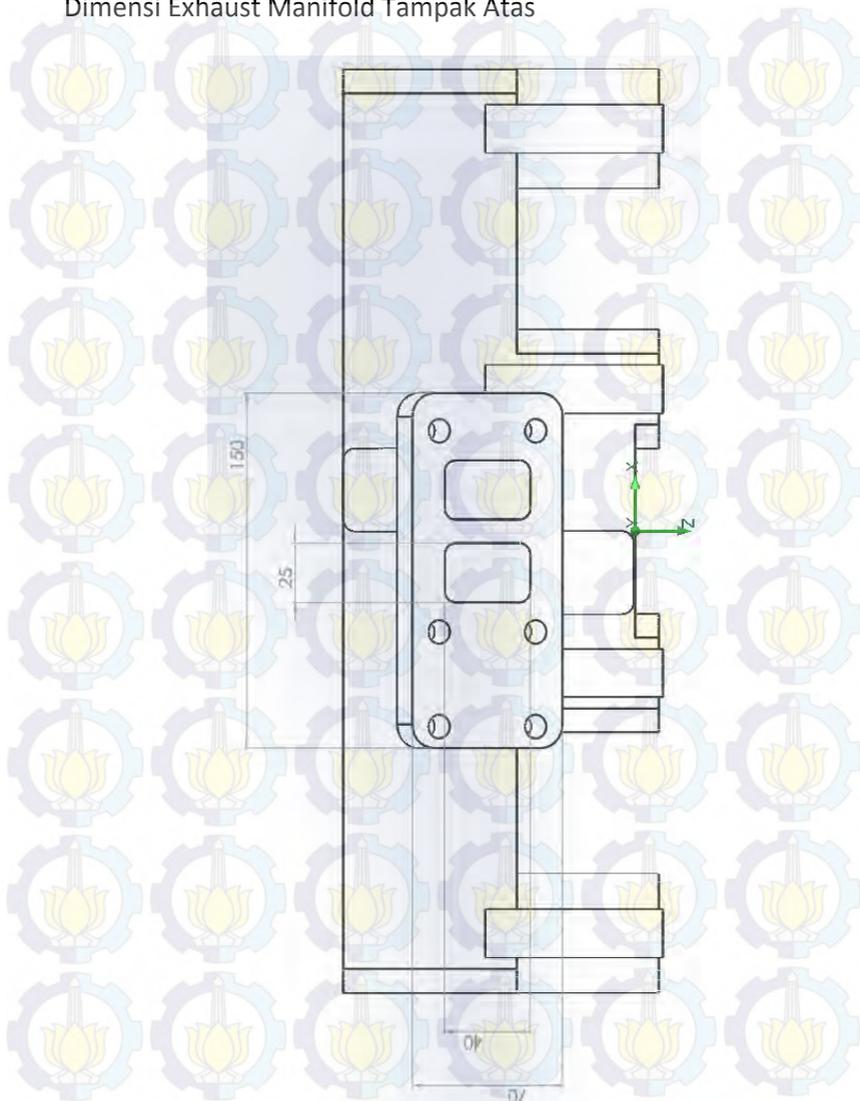
# LAMPIRAN E

## Cylinder Head Transparant



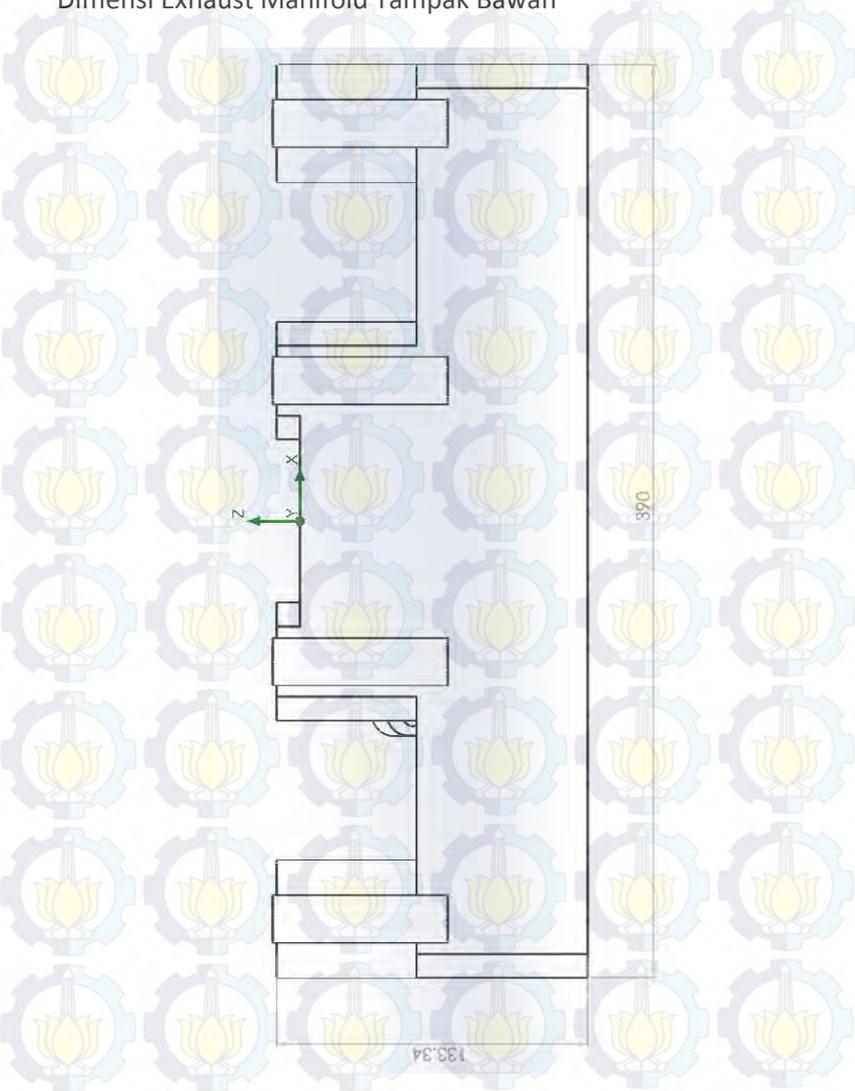
## LAMPIRAN F

### Dimensi Exhaust Manifold Tampak Atas



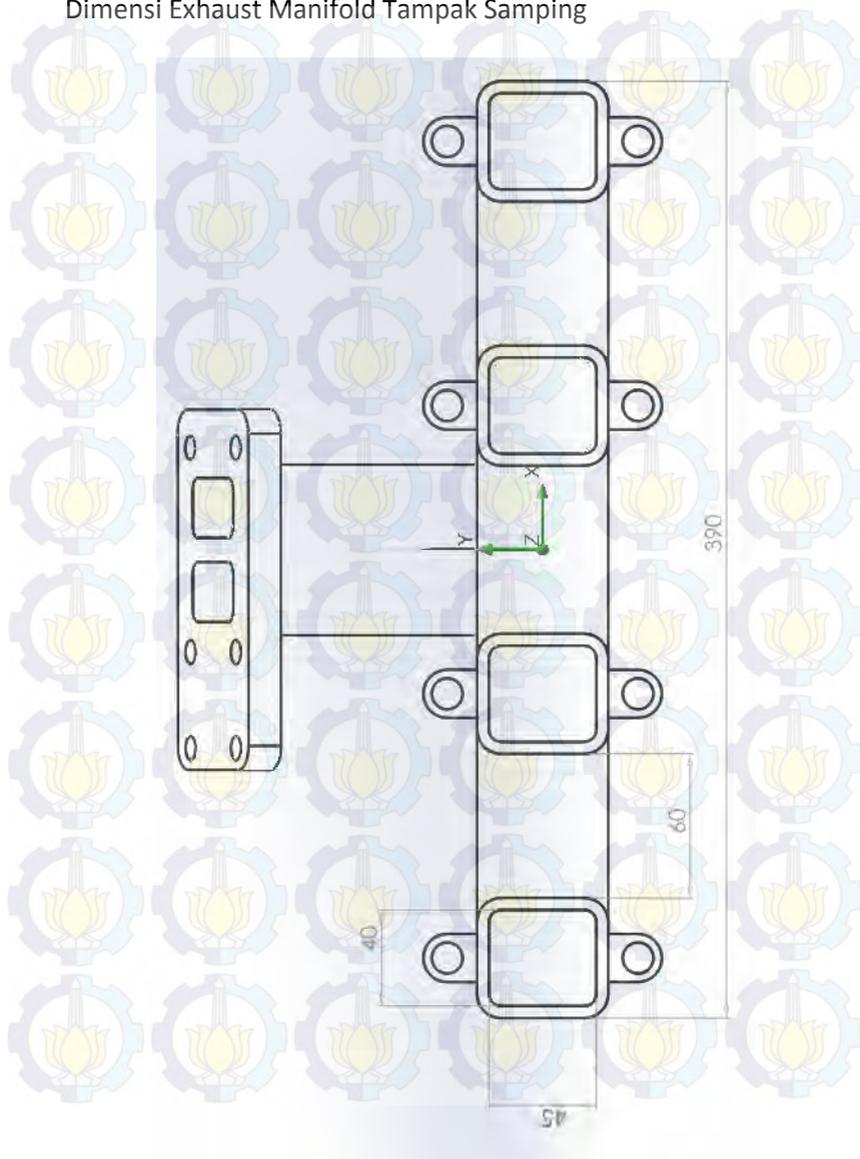
LAMPIRAN G

Dimensi Exhaust Manifold Tampak Bawah



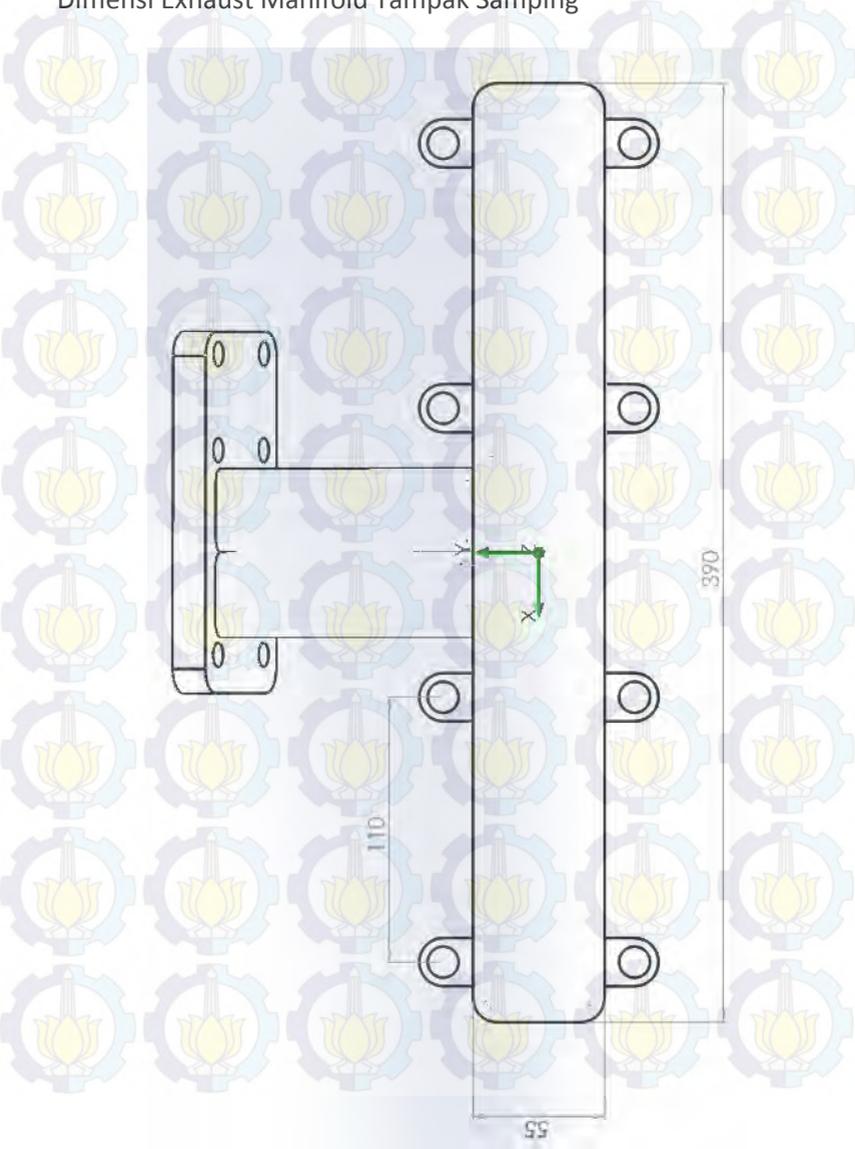
## LAMPIRAN H

### Dimensi Exhaust Manifold Tampak Samping



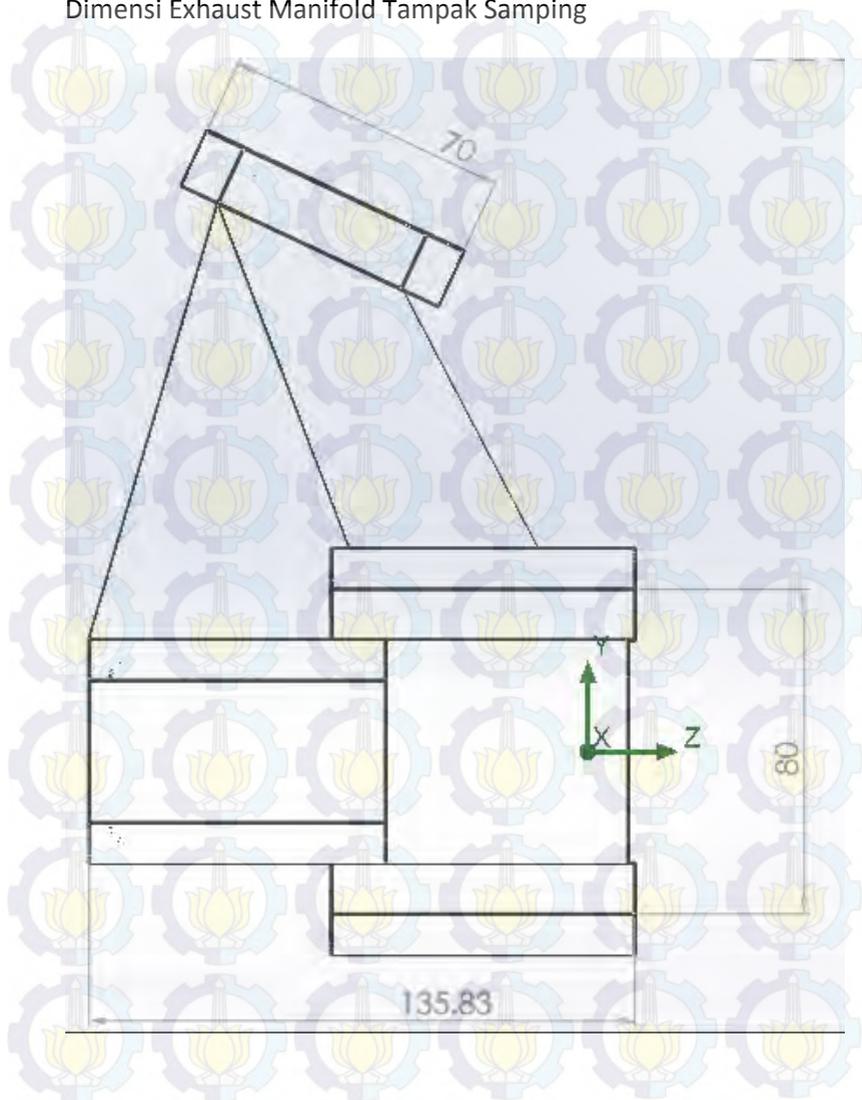
LAMPIRAN H (Lanjutan)

Dimensi Exhaust Manifold Tampak Samping



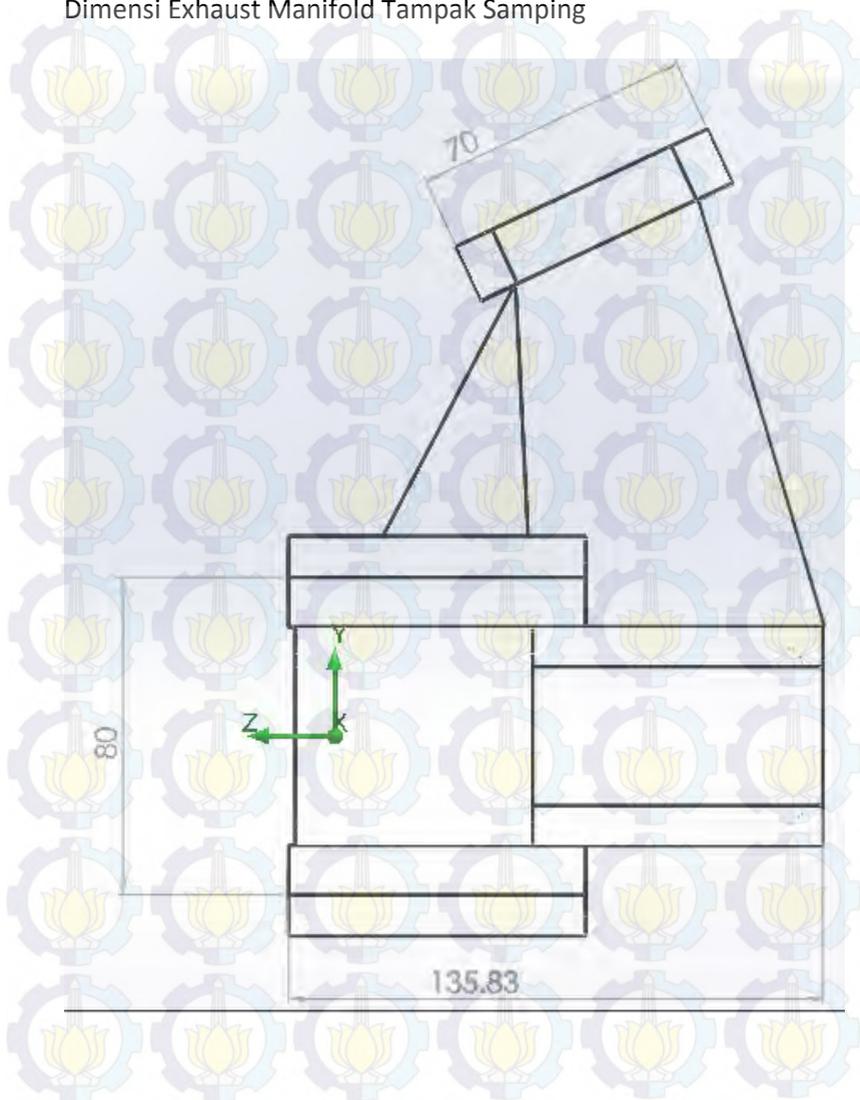
## LAMPIRAN H (Lanjutan)

### Dimensi Exhaust Manifold Tampak Samping



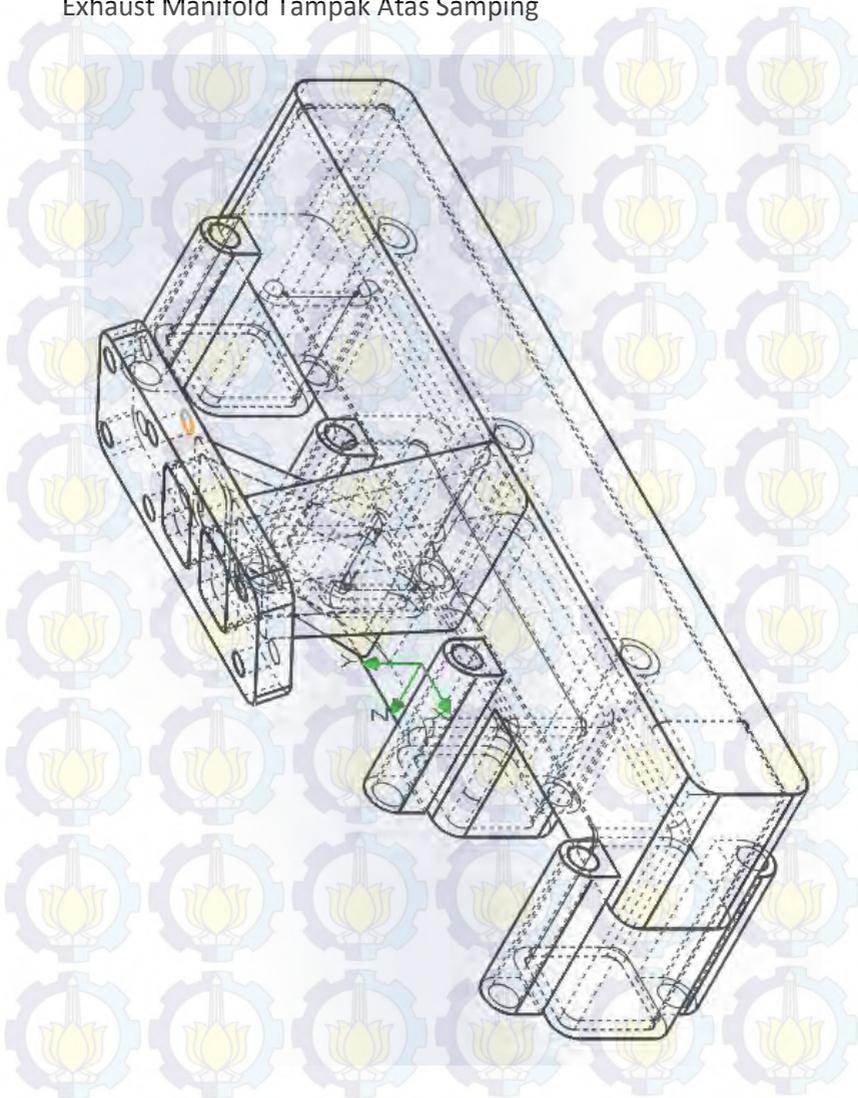
## LAMPIRAN H (Lanjutan)

### Dimensi Exhaust Manifold Tampak Samping



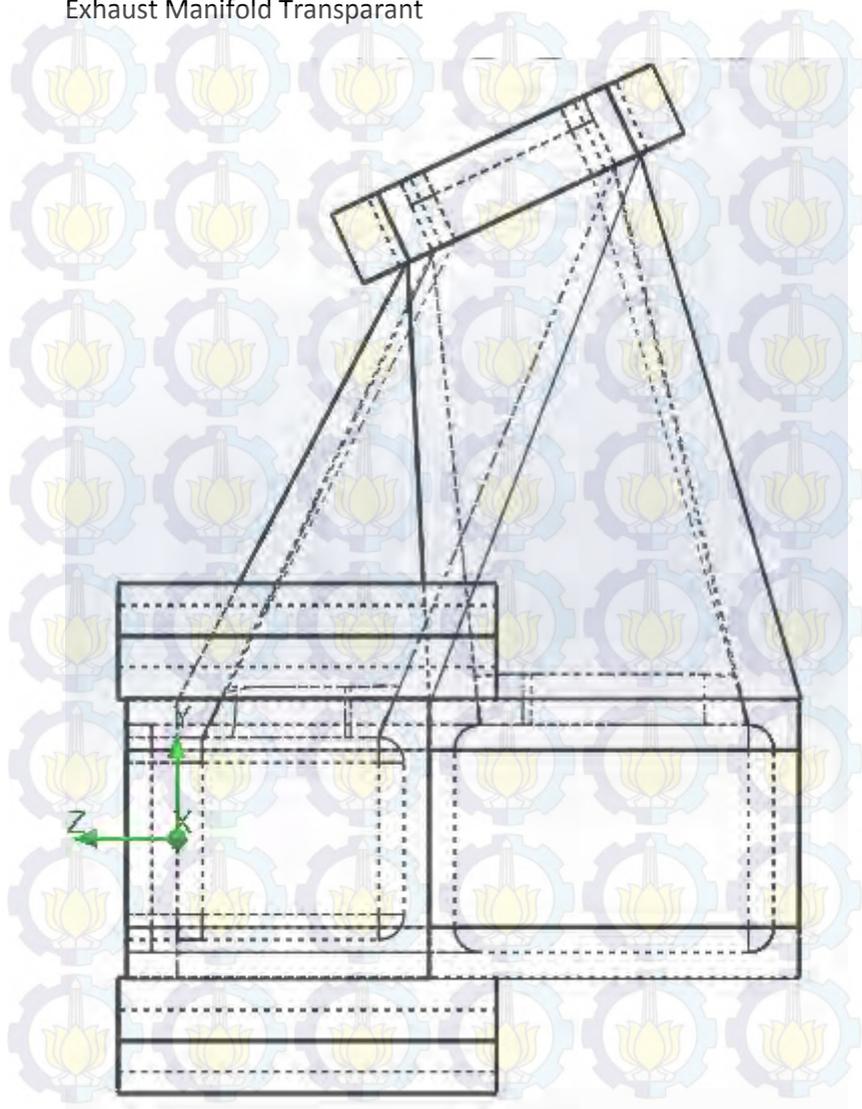
## LAMPIRAN I

### Exhaust Manifold Tampak Atas Samping



## LAMPIRAN J

### Exhaust Manifold Transparant



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Krui, 21 November 1992. Merupakan anak Ke-1 dari tiga saudara dari pasangan Eka Candra dan Erma Oktariowati yang menempuh pendidikan formal SDN 1 PS. KRUI Pesisir Barat Lampung, SMP YADIKA 8 Bekasi, SMA N 2 Bandar Lampung. Lulus SMA penulis melanjutkan sekolah S-1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2010 melalui PMDK

Prestasi. Penulis dengan Nomor Registrasi Pokok 4210100020. DiJurusan Teknik Sistem Perkapalan, Penulis mengambil bidang studi Marine Power Plant (MPP). Selama menempuh perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan Sebagai Steering Commite Pengaaderan 2012-2013, dan Ketua Bidang Pewacanaan Isu Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan 2012-2013. Penulis juga Aktif dalam kegiatan perlombaan yang membawa harum nama ITS di kancah nasional padaPerlombaan Hovercraft pada Mechanical Fair di Universitas Indonesia.