



TUGAS AKHIR – ME141501

**ANALISIS PROSES SCAVENGING PADA SEMI-FREE
PISTON DIESEL ENGINE TIPE DUA LANGKAH
BERPISTON GANDA BERLAWANAN ARAH**

Okky Lutfiana Tri Prasetya

NRP 4211 100 088

Dosen Pembimbing :

Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



BACHELOR THESIS - ME141501

**COMPUTATIONAL ANALYSIS OF THE SCAVENGING
OF A SEMI-FREE PISTON TWO STROKE DIESEL
ENGINE WITH OPPOSED DUAL PISTON**

Okky Lutfiana Tri Prasetya

NRP 4211 100 088

Supervisor :

Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Proses Scavenging pada Semi-Free
Piston Diesel Engine Tipe Dua Langkah
Berpiston Ganda Berlawanan Arah**

Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

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 :

Okky Lutfiana Tri Prasetya

NRP. 4211 100 088

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D. ()

NIP : 1956 0519 1986 10 1001

SURABAYA

Juli, 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Proses Scavenging pada Semi-Free Piston Diesel Engine Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah

Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

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 :

Okky Lutfiana Tri Prasetya

NRP. 4211 100 088

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Proses Scavenging pada Semi-Free Piston Diesel Engine Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah

Nama Mahasiswa : Okky Lutfiana Tri Prasetya
NRP : 4211 100 088
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dari proses pembilasan (scavenging) dari *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah. Mesin ini berjenis dua tak dengan *cross-flows scavenging*. Dengan menggunakan *software ANSYS CFX*, nilai dari *pressure* dan *velocity* bisa didapatkan. CFD dapat membantu untuk menganalisis pola aliran yang terjadi didalam silinder pada saat proses pembilasan tersebut. Simulasi CFD dapat memberikan informasi yang lebih rinci dari studi eksperimental. Hasil dari simulasi dapat memberikan informasi untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi dari mesin tipe tersebut karena proses pembilasan memainkan peran penting dalam tingkat polusi, kinerja, dan efisiensinya. Oleh karena itu, tujuan berikutnya adalah dengan menggunakan analisis ini bisa meningkatkan desain mesin linear engine tersebut.

Kata Kunci : *Scavenging, Computational Fluid Dynamic (CFD), Semi-Free Piston Diesel Engine.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Computational Analysis of the Scavenging of a Semi-Free Piston Two Stroke Diesel Engine with Opposed Dual Piston

Name : Okky Lutfiana Tri Prasetya
NRP : 4211 100 088
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi M.F., M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

This study is focused on the analysis of Scavenging Process of semi-free piston diesel engine with two stroke and opposed direction using Computational Fluid Dynamics (CFD). This two stroke engine is using cross-flow scavenging for the process of combustion. By using software Ansys CFX the value of pressure and velocity can be obtained. CFD can help to analyze the scavenging process, especially flow patterns that occur within the cylinder. CFD simulation can provide more detailed information from experimental studies. The results of simulation can provide better information about fluid dynamic to improve the performance and efficiency of the engine because the scavenging process playing an important role in producing pollution levels, performance and the efficiency. Furthermore, the next objective is by using this analysis can upgrade the design of this linear engine.

Kata Kunci : Scavenging, Computational Fluid Dynamic (CFD), Semi-Free Piston Diesel Engine.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Permasalahan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Telaah Pustaka.....	5
2.2 Free Piston Linear Engine	7
2.3 Mesin Diesel Dua Langkah	8
2.4 Scavenging	10
2.4.1 Cross Flow Scavenging	11
2.4.2 Loop Scavenging.....	11
2.4.3 Uniflow Scavenging	12

2.5	Computational Fluid Dynamics (CFD)	13
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1	Identifikasi Permasalahan dan Perumusan Masalah....	15
3.2	Studi Literatur.....	15
3.3	Perencanaan Model.....	16
3.4	Pengujian Model dengan CFD & Pencatatan Data.....	18
3.5	Validasi Model	18
3.6	Analisa Data	18
3.7	Kesimpulan dan Penyusunan Laporan.....	18
BAB IV	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Simplifications.....	22
4.2	Mesh Generation	22
4.3	Boundary dan Initial Conditions.....	26
4.4	Proses Solver	27
4.5	Hasil.....	28
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.0.1 <i>Geometri PRD FIREBALL RK125cc</i>	6
Gambar 2.2 <i>Scavenging for crankshaft</i> pada 150° CA.....	6
Gambar 2.3 <i>Free-Piston Engine</i>	7
Gambar 2.4 Siklus Mesin Diesel Dua Langkah	9
Gambar 2.5 <i>Scavenging Process</i>	10
Gambar 2.6 <i>Cross Flow Scavenging</i>	11
Gambar 2.7 <i>Loop Scavenging</i>	12
Gambar 2.8 <i>Uniflow Scavenging</i>	12
Gambar 3.1. Model Semi-Free Piston Diesel Engine.....	16
Gambar 3.2. Silinder Kiri kondisi TMA dan Silinder Kanan TMB Sumber : Fathallah dan Barus, 2013	17
Gambar 3.3. Computational Meshing kondisi scavenging port 100% terbuka.....	17
Gambar 3.4. Diagram Alir Metodologi Penelitian	19
Gambar 4.1. (a) Piston saat kondisi TMA; (b) Piston saat kondisi TMB	23
Gambar 4.2. Computational Mesh. (a) 50,459 mm scavenge 100% open; (b) 42,262 mm scavenge 50% open; (c) 35,146 mm exhaust 50% open; (d) 24,686 mm exhaust 100% closed.	24
Gambar 4.3. Dynamic Layering. (a) 50,459 mm scavenge 100% open; (b) 42,262 mm scavenge 50% open; (c) 35,146 mm exhaust 50% open; (d) 24,686 mm exhaust 100% closed.	25
Gambar 4.4. Meshing transparan di CFX.....	27
Gambar 4.5 Grafik Tekanan dalam silinder 1	28
Gambar 4.6. Pressure pada kondisi 50,459 mm	30
Gambar 4.7. Pressure pada kondisi 42,262 mm	31
Gambar 4.8. Pressure pada kondisi 35,146 mm	32
Gambar 4.9. Pressure pada kondisi 24,686 mm	33

Gambar 4.10. Velocity pada kondisi 50,459 mm dengan RPM 600	34
Gambar 4.11. Velocity pada kondisi 42,262 mm dengan RPM 600	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Teknis	21
-----------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin Diesel tipe dua langkah, secara umum menunjukkan kelemahan yang berpengaruh bukan hanya pada konsumsi bahan bakar, tetapi juga pada banyaknya polusi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena adanya proses pergantian dari gas buang hasil pembakaran dengan udara segar, yang disebut dengan scavenging. Akan tetapi, proses pembilasan (*scavenging*) memiliki peranan yang sangat penting didalam kinerja dan efisiensi dari mesin dua tak. Karena sulitnya melakukan analisa pengukuran di dalam silinder pada saat proses pembilasan tersebut, maka dari itu CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan alat/*software* yang membantu untuk menganalisis pola aliran yang terjadi didalam silinder. Simulasi CFD dapat memberikan informasi yang lebih rinci dari studi eksperimental. Oleh sebab itu, penelitian ini berfokus pada analisis proses *scavenging* untuk mensimulasikan aliran fluida didalam silinder dari *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah. (Galdo, Maria Isabel Lamas & Vidal, Carlos 2012)

Penelitian tentang proses kerja *scavenging* dimulai sejak tahun 1938 oleh Rogowski et al, yang mempelajari tentang proses *scavenging* pada *compression ignition engine*. Dari penelitian tersebut diketahui efek dari beberapa geometri di bagian *intake* dan *exhaust port*. Dengan hasil dari studi ini adalah efisiensi kerja dari engine yang mengalami kenaikan sebesar 23%. Tapi itu semua masih berupa data dan belum direalisasikan. Diakhir abad 20-an, dibuatlah upaya pertama untuk memvisualisasikan proses scavenging pada *two-stroke engine*. (Brojo, Santos & Gregorio 2010)

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari proses perencanaan dari *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah dimana pada penelitian sebelumnya sudah dibuatkan model dari engine tersebut, dan perlu dilakukan beberapa penelitian lanjutan untuk menunjukkan kinerja dan efisiensi dari model yang telah dibuat.

1.2 Perumusan Masalah

Proses *Scavenging* pada mesin diesel tipe dua langkah lebih rumit daripada tipe empat langkah. Karena pada mesin tipe dua langkah *high pollution levels* bisa dengan mudah terjadi. *Semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah merupakan mesin inovasi terbaru dan perlu dilakukan analisa – analisa secara berkelanjutan untuk menyempurnakan mesin tipe tersebut, salah satunya adalah dengan menganalisis kerja dari *scavenging*-nya. Oleh karena itu penelitian tentang analisis aliran pada *scavenging* dari *semi-free piston* ini memiliki rumusan masalah yaitu :

- a. Bagaimana aliran didalam *scavenging* dari *Semi-Free Piston Diesel Engine* Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah?

1.3 Tujuan Permasalahan

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui proses *scavenging* dari *Semi – Free Piston Two Stroke Diesel Engine* Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah.

1.4 Batasan Masalah

Untuk dapat merealisasikan penulisan tugas akhir ini, maka dari itu diperlukan batasan – batasan masalah, diantaranya :

- a. Mesin yang akan digunakan merupakan hasil karya dari Andre Dwi Putra Barus yang berjudul ”Perencanaan *Semi – Free Piston Two Stroke Diesel Engine* Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah”.
- b. Metode analisis dari aliran udara didalam *scavenging* dari *Semi – Free Piston Two Stroke Diesel Engine* Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah menggunakan *ANSYS v16* sebagai akurasi data dan analisis keseluruhan.
- c. Analisis Aliran udara didalam *scavenging* menggunakan parameter berdasarkan Uji Performa dari mesin tersebut.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

- a. Menambah pengetahuan tentang *linear engine*.
- b. Memberikan pengetahuan tentang proses *scavenging* didalam ruang bakar dan mengetahui performa dari mesin tersebut setelah dilakukan uji performa dan simulasi – berdasarkan software.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

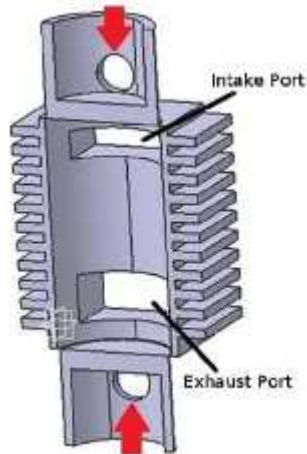
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Pustaka

Galdo dan Vidal (2012) dalam penelitiannya tentang *Simulation of the Scavenging Process in Two-Stroke Engines* menyebutkan bahwa hasil dari CFD lebih akurat untuk meningkatkan pengetahuan tentang karakteristik aliran fluida daripada eksperimen. *Pressure field* berguna untuk mengidentifikasi area dimana aliran gas tidak efisien dan harus dikoreksi. *Velocity field* berguna untuk menemukan daerah yang memiliki kecepatan orientasi yang terlalu tinggi, rendah, atau yang tidak memadai. Serta *mass fraction field* berguna untuk memeriksa pengisian gas kedalam silinder dan mendeteksi terjadinya short-circuiting dan mixing. Proses verifikasi dan validasi dari model CFD diperlukan untuk memastikan akurasi model numerik dapat menangkap fenomena fisik. Dengan membandingkan hasil numerik dengan hasil eksperimen, kecocokan dapat dicapai.

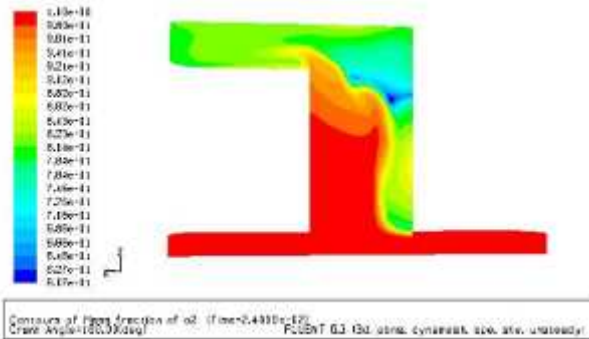
Lamas dan Vidal (2012) juga melakukan penelitian CFD pada proses pembilasan dari MAN B&W 7S50MC Two-Stroke Marine Diesel Engine. CFD dapat mensimulasikan gas sisa pembakaran yang dibuang dan putaran aliran udara segar didalam silinder. Model ini juga efisien dalam mempelajari geometri dari *piston chamber*, desain dari *intake* dan *exhaust port*, timing saat buka dan tutup, atau tekanan pada saat *intake* dan *exhaust*. Hasil simulasi CFD digunakan untuk mengoptimalkan efisiensi dan kinerja mesin dengan mempelajari parameter hasil simulasi diatas.

Brojo, Santos, dan Gregorio (2010) melakukan penelitian tentang proses *scavenging* dari *two-stroke Opposed Piston Diesel Engine*. Pada penelitiannya tersebut, mereka menggunakan geometri dari PRD FIREBALL RK125cc WC dengan *software* CATIA dan FLUENT.



Gambar 2.1 Geometri PRD FIREBALL RK125cc
(Sumber : Brojo,Santos & Gregorio, 2010)

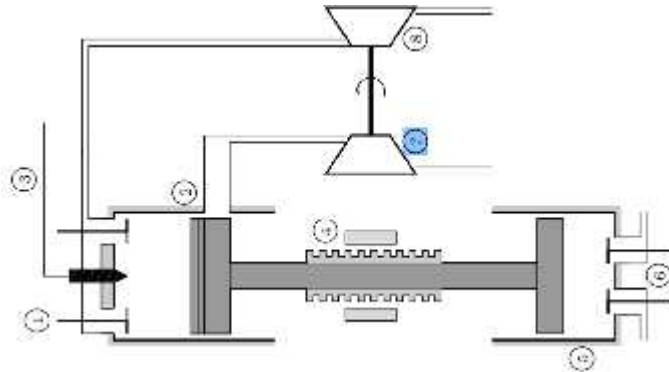
Simulasi yang dihasilkan oleh *software* FLUENT menunjukkan bahwa proses pembilasan dari model geometri lebih tinggi mendekati dinding silinder bagian *exhaust port*. Kesulitan yang dialami adalah pada saat pergantian gas buang di sisi yang berlawanan.



Gambar 2.2 Scavenging for crankshaft pada 150° CA
(Sumber : Brojo,Santos &Gregorio, 2010)

2.2 Free Piston Linear Engine

Konsep dari *free-piston engine* pertama dipresentasikan oleh Pescara pada tahun 1928, dan setelah itu semua inovasi – inovasi berkaitan dengan *free-piston engine* banyak bermunculan. Yang perlu diketahui dari mesin ini adalah gerakan dari *piston* bukan disebabkan dari gerak putaran *crankshaft* (*conventional engine*), tapi *piston* tersebut secara bebas bergerak diantara titik akhirnya (*endpoint*), yang disebabkan karena masukan gas dan *load forces* yang terjadi didalamnya. Yang lebih penting untuk riset kedepan adalah tentang masalah *control engine* dan pembakaran *free piston linear engine*. Keuntungan dari penggunaan *free-piston engine* ini adalah operasi kerja yang bebas dari getaran, biaya produksi dan biaya perawatan yang lebih rendah, kurangnya gesekan karena sistem mekanik yang sederhana, mengurangi kerugian transfer panas dan produksi emisi gas NO karena cepatnya ekspansi saat langkah kerja. (Mikalsen & Roskilly, 2009)



Gambar 2.3 *Free-Piston Engine*
(Sumber : Mikalsen, Roskilly, 2009)

Gambar diatas merupakan *free-piston engine* dengan *mainparts*-nya adalah *combustion cylinder*, *bounce chamber cylinder* dan *linear electric machine*. Mesin diatas hanya bergerak dengan satu

bagian yang menghubungkan dua *piston* dan translasi dari *linear alternator*. *Piston* akan bergerak secara bebas di dua *endpoints*-nya, dan keseimbangan gerakan konstan ditentukan oleh gaya *cylinder gas*, gaya *electric machine*, dan gaya geseknya. *Engine* ini dioperasikan dengan *turbocharged two-stroke diesel cycle* dengan *direct injection* dan secara elektrik dikontrol oleh *injector*. *Scavenging* disediakan di scavenging port di dalam *cylinder liner* dan secara elektrik mengontrol katub *exhaust poppet* di *cylinder head*. (Mikalsen & Roskilly, 2009)

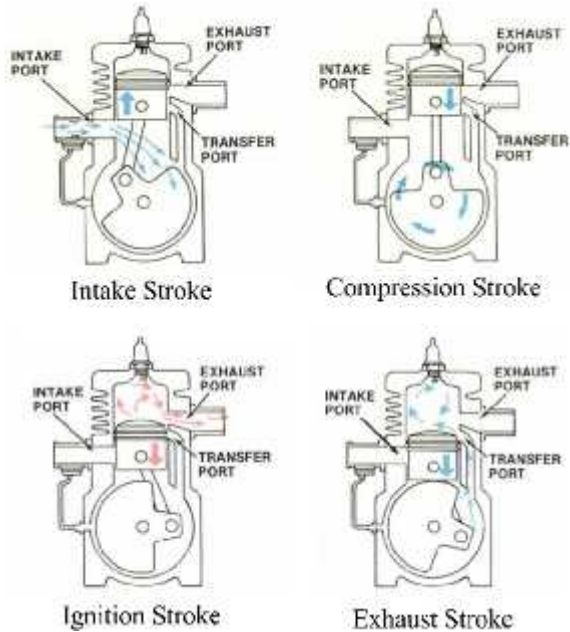
2.3 Mesin Diesel Dua Langkah

Mesin diesel dua langkah merupakan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Mesin diesel banyak digunakan sebagai penggerak kendaraan ataupun alat-alat penggerak dalam perindustrian dikarenakan mesin diesel menghasilkan daya mekanik yang lebih besar dibandingkan mesin bensin. Perbedaan mendasar antara mesin diesel dan mesin bensin adalah pada jenis pembakarannya.

Pada mesin diesel proses pembakarannya terjadi karena kompresi udara yang terjadi diruang bakar. Kompresi udara tersebut akan menghasilkan tekanan dan suhu yang tinggi sehingga apabila bahan bakar diinjeksikan kedalam ruang bakar akan menghasilkan ledakan. Sedangkan pada mesin bensin udara yang bercampur dengan bahan bakar akan dipercikkan api listrik pada ruang bakar sehingga terjadi ledakan.

Mesin diesel dua langkah adalah mesin pembakaran dalam yang dalam satu siklus pembakaran terjadi dua langkah *piston*. Dewasa ini penggunaan mesin diesel dua langkah lebih sering digunakan karena umumnya memiliki efisiensi *volumetric* yang lebih besar dibandingkan mesin diesel empat langkah.

Faktor penting dalam siklus operasi dua langkah adalah pembilasan atau *scavenging*, karena pembilasan sangat menentukan unjuk kerja pembakaran dalam siklus selanjutnya.

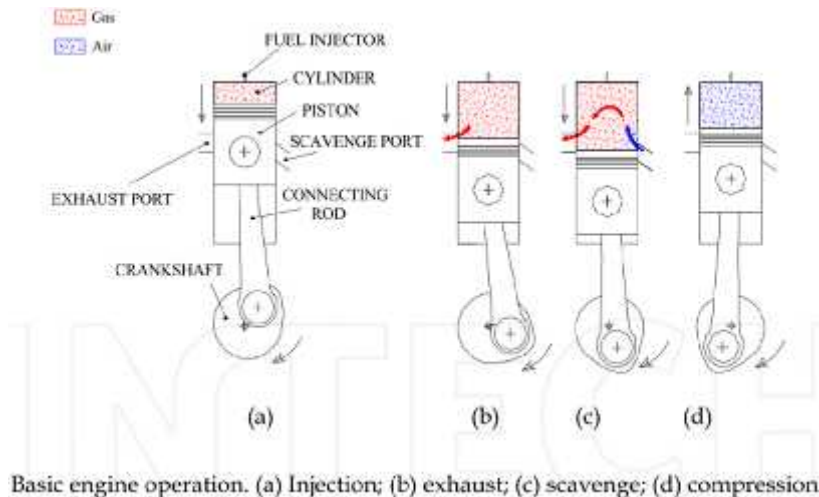


Gambar 2.4 Siklus Mesin Diesel Dua Langkah
(Sumber : Noor, Kadirgama, 2008)

Gambar 2.4 merupakan siklus kerja dari mesin diesel dua langkah. Langkah pertama dari posisi TMB udara masuk melalui *inlet scavenge* dan setelah lubang *exhaust* serta *inlet* bertutup maka terjadi kompresi akibat udara yang dimampatkan. Langkah kedua setelah proses kerja terjadi *piston* bergerak dari TMA ke TMB sekaligus proses pembilasan terjadi.

2.4 Scavenging

Proses *Scavenging* adalah proses pembilasan/pembersihan *cylinder* dari gas buang dan menggantikannya dengan udara bersih pada mesin diesel atau campuran udara-bahan bakar pada mesin bensin. Secara ideal, masuknya udara pembilasan kedalam *cylinder* yang menekan keluar sisa gas buang harus tidak boleh bercampur



Gambar 2.5 Scavenging Process

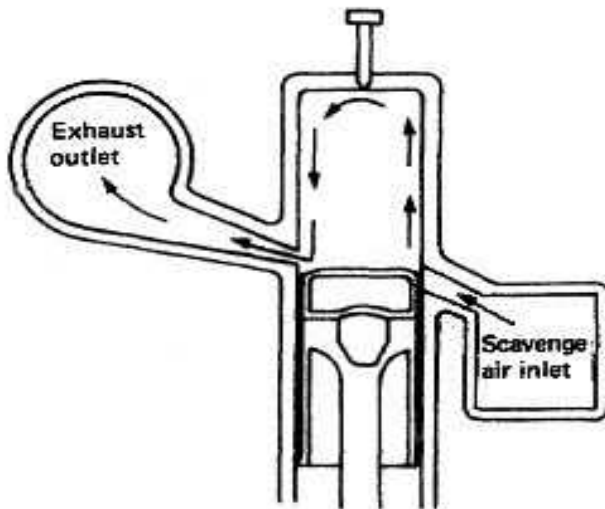
(Sumber : Galdo, Vidal, 2005 (www.intechopen.com))

dengan gas buang tersebut. Akan tetapi, pada scavenging dari mesin diesel tipe dua langkah memiliki dua problem dilihat dari karakteristiknya, yaitu *short-circuiting losses* yang mengeluarkan beberapa udara segar secara langsung ke knalpot dan *mixing*, yang beranggapan bahwa pada saat proses pembilasan tersebut pasti masih ada sedikit gas buang yang tertinggal di *cylinder* dan bercampur dengan udara segar yang baru. Untuk mengurangi masalah ini, udara bilas yang masuk kedalam silinder dari *intake ports* harus sempurna

diarahkan kedalam silinder. Ada beberapa macam pembilasan yang umum digunakan dalam siklus operasi dua langkah.

2.4.1 Cross Flow Scavenging

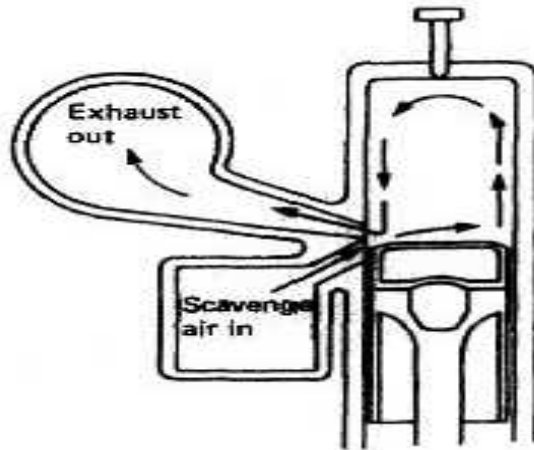
Gambar 2.7 ini adalah contoh proses pembilasan dengan model *cross flow scavenging*. Dapat dilihat proses pembilasan yang terjadi, udara masuk melalui *inlet* yang berada disisi sebelah kanan dan keluar melalui *outlet exhaust* pada sisi yang disebelahnya.



Gambar 2.6 *Cross Flow Scavenging*
(Sumber : www.machineryspaces.com.2013)

2.4.2 Loop Scavenging

Untuk model scavenging ini hampir sama dengan model *cross flow scavenging*. Namun *port inlet scavenging* dan *outlet exhaust* berada pada sisi yang sama dengan ketinggian yang berbeda.

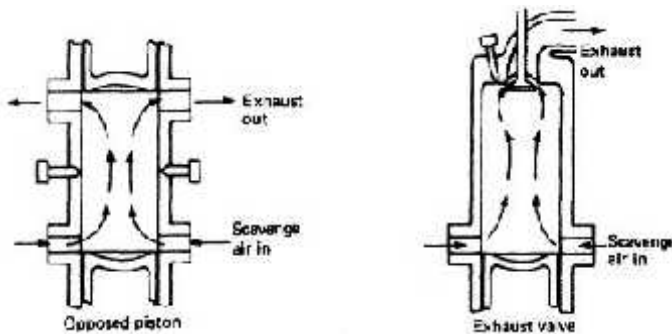


Gambar 2.7 Loop Scavenging

(Sumber : www.machineryspaces.com.2013)

2.4.3 Uniflow Scavenging

Gambar 2.9 ini menjelaskan pembilasan model *uniflow scavenging*. *Inlet scavenging* yang berada dibawah menekan udara hasil sisa pembakaran sehingga keluar melalui *outlet* dan *exhaust* yang berada di bagian atasnya.



Gambar 2.8 Uniflow Scavenging

(Sumber : www.machineryspaces.com.2013)

2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

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 dan gas yang digunakan pada bidang engineering. Ketika kita menggunakan CFD dengan dukungan perangkat keras yang canggih sekalipun maka yang didapatkan hanya berupa pendekatan. Inilah salah satu aspek yang terus dibenahi dalam pengembangan metode CFD. Secara ringkas, CFD adalah memprediksi secara kuantitatif apa yang akan terjadi pada aliran fluida yang disimulasikan dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal – hal berikut ; aliran perpindahan kalor, mas transfer, perubahan fase benda, reaksi kimia (pembakaran), pergerakan komponen mekanik, tegangan dan perpindahan yang terjadi didalam struktur benda solid atau yang terjadi di sekitarnya.

Kegunaan dari CFD adalah untuk mengetahui bagaimana fluida mengalir, dan memperkirakan apa yang akan terjadi pada benda yang mengalami kontak dengan aliran fluida. Umumnya proses analisa CFD terbagi menjadi 3 bagian yaitu :

a. Pre-Processor

Merupakan proses awal dimana domain – domain serta boundary condition ditentukan. Domain adalah kondisi – kondisi awal dari sistem, sedangkan boundary condition adalah kondisi – kondisi yang membatasi eksperimen dimana kondisi tersebut harus ditentukan. Setelah tahapan – tahapan itu diselesaikan, berikutnya adalah melakukan proses meshing yaitu benda yang dianalisa dibagi dalam jumlah grid tertentu yang bertujuan untuk dilakukan simulasi berikutnya.

b. Processor

Merupakan tahapan kedua setelah proses meshing dilakukan. Pada tahap processor akan dilakukan proses perhitungan data yang telah di input tersebut menggunakan persamaan terkait secara iteratif hingga hasil yang didapatkan dengan nilai error terkecil. Keseluruhan volume kontrol harus masuk dalam perhitungan dengan proses integrasi persamaan diskrit.

c. Post-Processor

Merupakan tahap akhir didalam proses CFD. Pada tahap ketiga ini akan dilakukan visualisasi hasil perhitungan numerik oleh komputer yang dilakukan dengan menggunakan beberapa iterasi. Hasil dari perhitungan pada tahap sebelumnya akan ditampilkan dalam gambar, grafik maupun animasi dengan perbedaan pola warna. Adapun animasi yang dapat ditampilkan pada saat post-processor diantaranya :

1. Domain geometrid dan tampilan gambar
2. Plot Kontur
3. Particle Tracking
4. Animasi display hasil dinamik
5. Plot 2D dan 3D Surface

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum, didalam skripsi yang baik membutuhkan sebuah perencanaan pengerjaan yang dirangkum didalam metodologi atau kerangka dasar dengan membuat alur rencana pengerjaan yang terstruktur dan akurat. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang dilakukan dalam memecahkan permasalahan tentang proses pembilasan (*scavenging*) di dalam *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah.

3.1 Identifikasi Permasalahan dan Perumusan Masalah

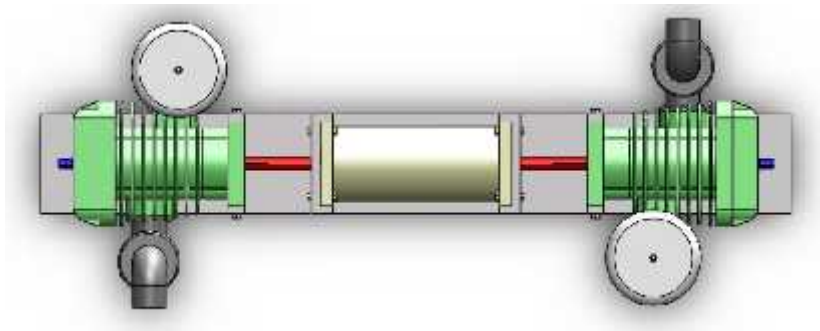
Hal – hal yang harus dilakukan pertama kali dalam mengidentifikasi permasalahan yang terjadi adalah dengan mencari permasalahan tentang proses pembilasan (*scavenging*). Pada tugas akhir ini lebih difokuskan pada proses masuknya udara segar (*fresh air*) kedalam silinder dan proses penggeseran gas sisa pembakaran didalam silinder dengan udara segar tersebut dengan melihat posisi piston yang bergerak baik di silinder sebelah kiri maupun silinder sebelah kanan yang akan disimulasikan di uji performa dari *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur mempelajari dan merangkum teori – teori dasar dan juga acuan – acuan secara umum yang mendukung pada penelitian ini. Studi literatur didapatkan dari beberapa sumber, seperti buku, jurnal, tugas akhir, dan juga *paper – paper reviews*. Pada penelitian ini, studi literatur yang diambil diantaranya tentang simulasi CFD dari proses pembilasan (*scavenging*) yang didapatkan dari jurnal – jurnal terkait yang nantinya dijadikan referensi dalam pengerjaan skripsi ini.

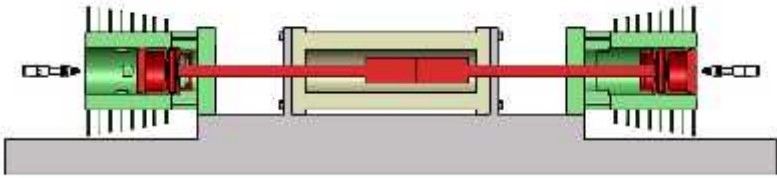
3.3 Perencanaan Model

Perencanaan model yang dilakukan pada penelitian ini berupa identifikasi dari *intake port*, *exhaust port*, dan jalur aliran *scavenging* yang akan dianalisa alirannya. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah desain perencanaan *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah pekerjaan dari Andre Barus yang dikerjakan didalam *Software Solidworks*.



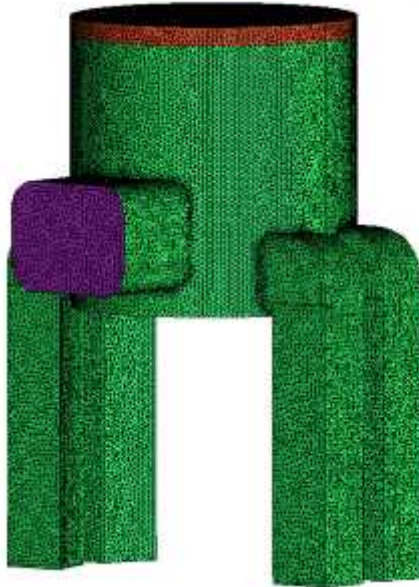
Gambar 3.1. Model Semi-Free Piston Diesel Engine
(Sumber : Fathallah dan Barus, 2013)

Berdasarkan Model 3D dari *Semi-Free Piston Diesel Engine* Tipe Dua Langkah berpiston Ganda Berlawanan Arah, maka hal – hal yang harus dilakukan untuk menganalisis proses pembilasan (*scavenging*) adalah dengan mengatur posisi piston berdasarkan titik dari mm-nya. Didalam uji Performa telah dilakukan simulasi tentang posisi *piston* dan luasan dari *inlet* dan *outlet* dari *cylinder* tersebut. Maka dari itu yang dilakukan adalah dengan memposisikan piston supaya sesuai dengan *mm* yang diinginkan dan besar luasan berdasarkan simulasi uji performa yang didalamnya juga didapatkan besarnya *air flow rate* dan *fuel flow rate*.



Gambar 3.2. Silinder Kiri kondisi TMA dan Silinder Kanan TMB
(Sumber : Fathallah dan Barus, 2013)

Langkah selanjutnya dari proses perencanaan model adalah dengan meminimalisir desain dari model untuk mempermudah proses *meshing* yang akan dikerjakan di *software* Ansys ICEM CFD. Proses *meshing* ini dilakukan untuk menentukan *domain*, *boundary*, *inlet*, *outlet*, *wall*, *solver* dan *post* dari model supaya dapat dianalisa dan diidentifikasi pada tahap selanjutnya.



(Gambar 3.3. Computational Meshing kondisi scavenging port
100% terbuka)

3.4 Pengujian Model dengan CFD & Pencatatan Data

Proses perhitungan dengan pendekatan CFD adalah perhitungan numerik yang dilakukan oleh komputer. Perhitungan yang dihasilkan berupa nilai – nilai yang dilihat pada CFX – Post. Pada CFX – Post juga dapat dilihat kontur dari model dan aliran scavenging yang bekerja didalam cylinder liner.

3.5 Validasi Model

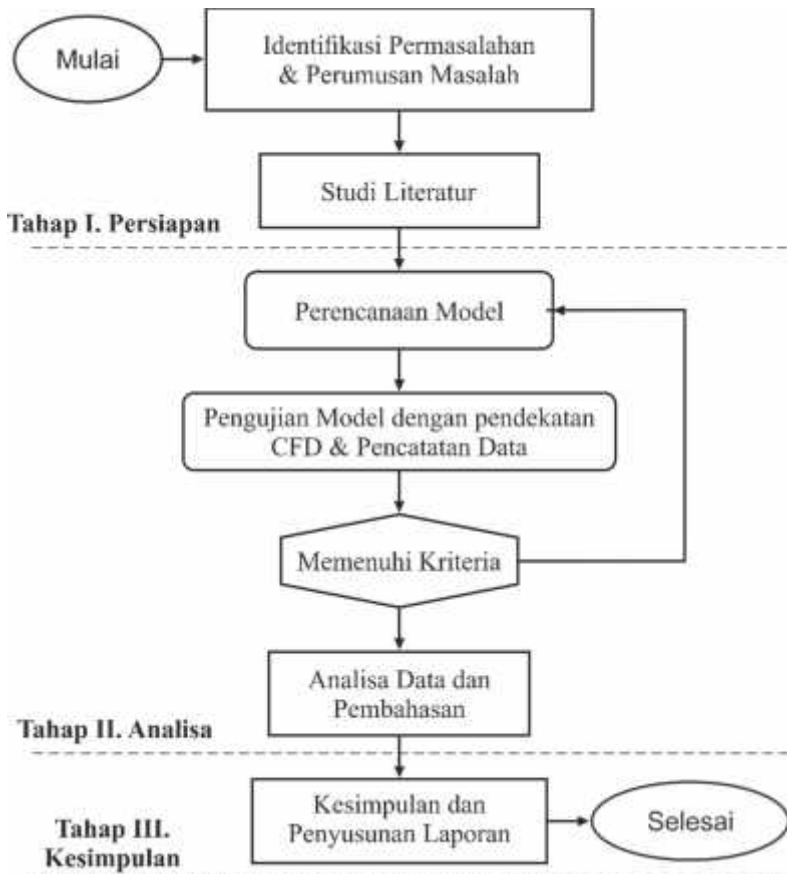
Data yang dihasilkan oleh analisa numerik oleh komputer tidak sepenuhnya benar. Karena itu harus dilakukan validasi lain dengan menggunakan data lain dengan penyelesaian yang berbeda. Validasi juga dapat dilakukan dengan membandingkan antara data hasil analisa perhitungan program lain atau berdasarkan eksperimen/uji perform di software lain.

3.6 Analisa Data

Pada tahapan ini data yang sudah didapat pada pendekatan CFD dilakukan analisa dengan membandingkan grafik hasil dari uji performa dengan hasil simulasi dari Ansys CFX.

3.7 Kesimpulan dan Penyusunan Laporan

Setelah semua tahapan telah dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan dan pembuatan laporan. Diharapkan nantinya hasil dari kesimpulan skripsi ini dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan dari skripsi ini. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan skripsi agar analisis proses pembilasan dari *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah ini dapat dikembangkan.



(Gambar 3.4. Diagram Alir Metodologi Penelitian)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan hasil analisa dan pembahasan dari proses scavenging yang terjadi pada *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah. Tahapan – tahapan yang dilakukan sebelum melakukan analisa dari proses scavenging ini adalah dengan menentukan bukaan dari scavenging ketika piston bergerak mulai dari Titik Mati Atas menuju Titik Mati Bawah dan membandingkan besarnya mass flow rate berdasarkan RPM dari mesin tersebut. Pada tahap ini, hal – hal seperti generation meshing dan detail – detail numerik lainnya juga akan dijelaskan. Secara keseluruhan, tahapan ini berfokus pada pembelajaran tentang proses scavenging yang terjadi pada *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Geometri dan sistem gerak piston dapat dilihat pada gambar dibawah dan spesifikasi teknis dari engine ini dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis

Parameter	Keterangan
Tipe Mesin	Two – Stroke, Diesel Engine
Displasemen Total (liter)	0,265
Compression Rate	1 : 21
Bore (mm)	53
Stroke (mm)	60
Connecting Rod Length (mm)	286
Scavenging System	Cross Flow Scavenge
Fuel System	Direct Injection
Power (kW)	9,2
Speed (RPM)	4200

Pada saat maximum continuous rating, di dalam cylinder, besarnya tekanan pada exhaust dan intake dihitung berdasarkan simulasi GT Power. Pressure didalam cylinder dapat dilihat pada gambar.

4.1 Simplifications

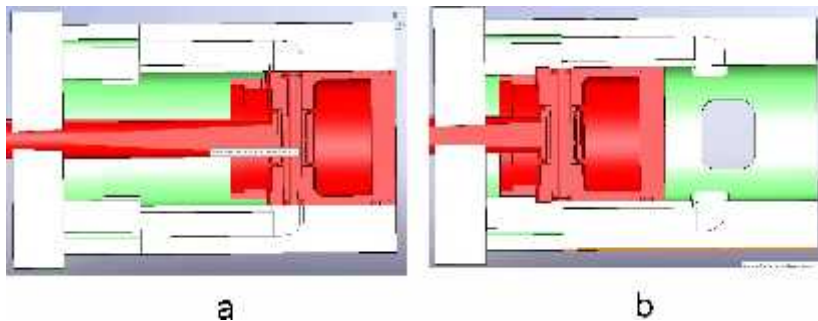
Untuk menyederhanakan pengerjaan dari model CFD, maka beberapa asumsi berikut ini dibuat :

- a. Simulasi dilakukan khusus pada scavenging Process, sedangkan combustion tidak ikut disimulasikan.
- b. Pembakaran merupakan fenomena yang kompleks dan berada diluar dari pekerjaan CFD ini. Selain itu, hasilnya tidak berpengaruh karena titik awal perhitungan dimulai pada saat sebelum pembakaran dan setelah pembakaran selesai. Karena itu fokus kerja disini adalah di area scavenge ports, combustion area dan exhaust port.
- c. Komponen yang disimulasikan disini hanyalah aliran udara saja, gas tidak termasuk. Karena terbatasnya aplikasi kerja dari CFD ini dan juga tidak adanya pembakaran didalam simulasi.
- d. Walaupun *semi-free piston diesel engine* tipe dua langkah berpiston ganda berlawanan arah memiliki dua silinder, akan tetapi yang disimulasikan disini hanya salah satu dari silinder, yaitu yang terletak di block kiri dari alternator.

4.2 Mesh Generation

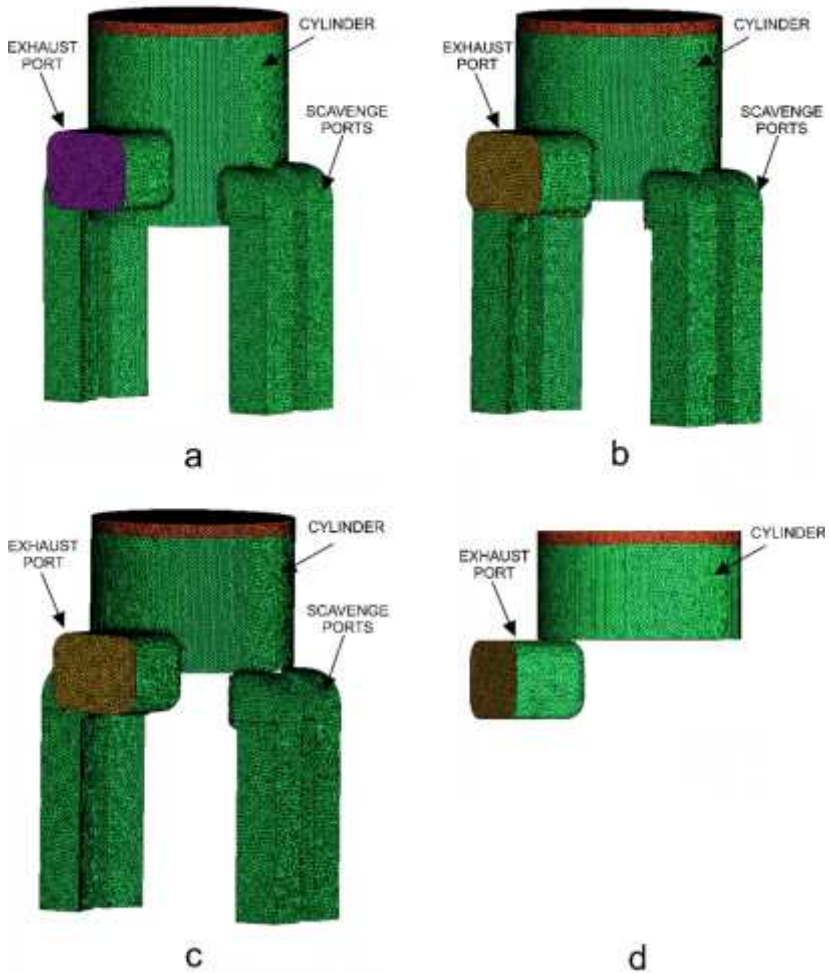
Prinsip dasar dari operasi CFD (Computational Fluid Dynamic) adalah membagi domain menjadi bentuk – bentuk angka numeric terkecil yang disebut non-overlapping sub-domains. Generate mesh pada simulasi ini adalah dengan menggunakan ICEM CFD (Ansys). Meshing ini digunakan untuk uji simulasi aliran dan juga untuk

menggerakkan piston, akan tetapi disini tidak dilakukan detail sampai pergerakan pistonnya. Gambar dibawah adalah mesh dari beberapa kondisi yang telah ditentukan, yaitu ketika scavenging terbuka 100% dan 50%, serta Exhaust yang terbuka 100% dan 50% pada saat kondisi dari TMB menuju TMA. Computational Domain yang dimasukkan disini diantaranya scavenge ports, exhaust port, cylinder dan cylinder head.



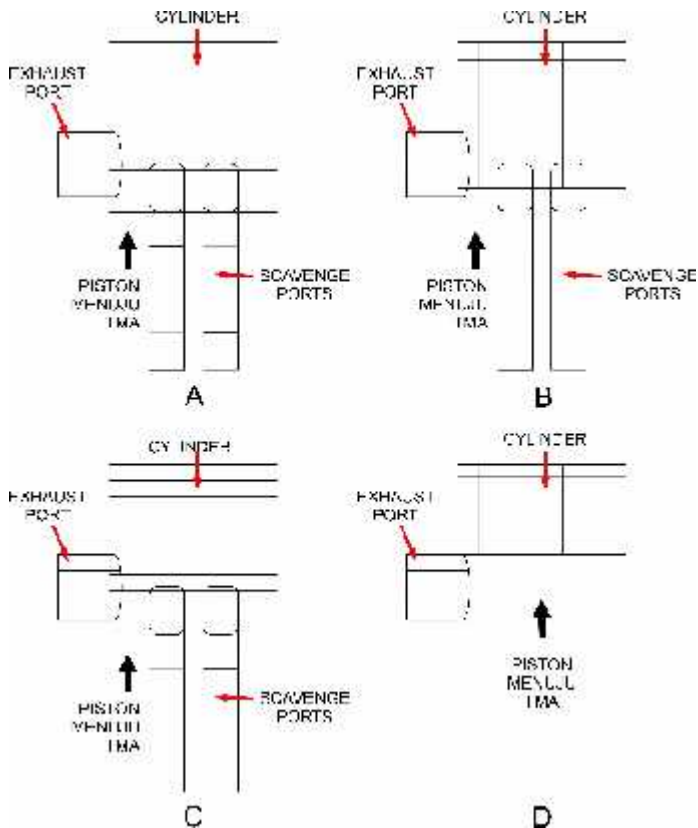
Gambar 4.1. (a) Piston saat kondisi TMA; (b) Piston saat kondisi TMB
(Sumber : Fathallah dan Barus, 2013)

Tetra/Mixed elements digunakan dalam melakukan meshing karena memiliki akurasi dan stabilitas yang baik. Numerical algorithm di implementasikan secara otomatis untuk memperbaiki meshing dari kondisi yang ditetapkan agar sesuai dengan piston motion menggunakan meshing tool “dynamic layering”, yang terdiri dari penambahan dan penghapusan lapisan dari sel yang berdekatan dengan boundary/batasan yang bergerak. Selain itu, supaya hasil aliran nanti dapat benar – benar optimal, maka sebelum melakukan meshing, sebaiknya bagian lengkungan/ujung pembatas antara scavenge ports dan combustion area diberikan meshing yang lebih tebal dibandingkan dengan meshing didaerah surface lainnya, hal itu juga berlaku untuk daerah pembatas antara combustion area dengan exhaust port, seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 4.2. Computational Mesh. (a) 50,459 mm scavenge 100% open; (b) 42,262 mm scavenge 50% open; (c) 35,146 mm exhaust 50% open; (d) 24,686 mm exhaust 100% closed.

Didalam melakukan meshing menggunakan ICEM CFD ini apabila area/body tidak bersentuhan langsung dengan boundary/batasan seperti intake port, scavenge ports atau exhaust port, maka meshing tersebut tidak akan membaca boundary tersebut. Maka dari itu simulasi ini menggunakan kondisi scavenge ports 100% dan 50% open serta exhaust port 100% dan 50%. Untuk algoritma secara numeriknya menggunakan dynamic layering yang didalamnya berfungsi menghilangkan hasil meshing supaya terlihat transparan dan surface/permukaan dapat lebih jelas terbaca.



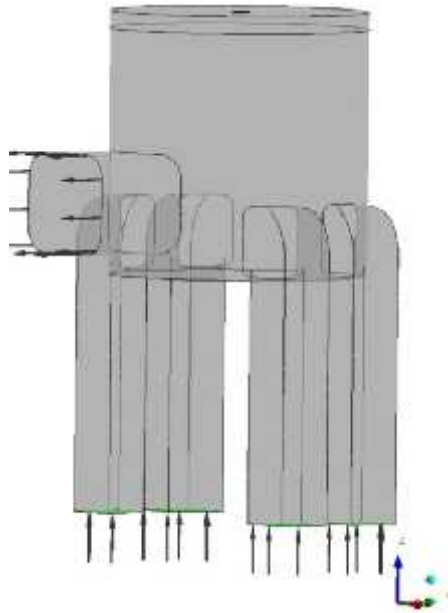
Gambar 4.3. Dynamic Layering. (a) 50,459 mm scavenge 100% open; (b) 42,262 mm scavenge 50% open; (c) 35,146 mm exhaust 50% open; (d) 24,686 mm exhaust 100% closed.

4.3 Boundary dan Initial Conditions

Pemodelan pada CFD membutuhkan initial dan boundary condition. Dalam simulasi scavenging ini menggunakan nilai dari mass flow rate yang didapatkan dari hasil running uji performa yang dilakukan di software GT Power. Nilai mass flow rate untuk bagian scavenging ports menggunakan air flow dari hasil running per RPM mulai dari 600 RPM sampai 4200 RPM. Sedangkan mass flow rate untuk exhaust port didapatkan dari nilai mass flow rate exhaust runner. Berikut ini merupakan nilai – nilai dari mass flow rate per RPM yang dihasilkan dari uji performa :

Untuk nilai temperature dan pressure tidak digunakan disini karena banyaknya nilai pressure dan temperature yang didapatkan di GT Power dan apabila di aplikasikan pada simulasi aliran, hasil yang didapatkan tidak sesuai.

Initial conditions menggunakan Ansys CFX dengan melakukan input berupa domain dan boundary. Domain yang digunakan disini yaitu area yang dilalui oleh aliran fluida mulai dari scavenge ports menuju ke exhaust port. Untuk aliran mulai dari Intake Port menuju ke domain di bawah piston sampai ke inlet dari scavenge disini diabaikan karena tidak berpengaruh terhadap aliran yang terjadi di scavenge area. Nilai static pressure dan normal speed dimasukkan ke dalam scavenge ports sebagai bagian inlet, dan exhaust port sebagai outlet. Sesuai dengan gambar 4.4 akan terlihat panah – panah sebagai penanda arah masukan udara dari 4 lubang scavenge ports sampai panah keluar yang menunjukkan arah exhaust gas keluar melalui exhaust port.



Gambar 4.4. Meshing transparan di CFX

Untuk simulasi yang dilakukan pada tahapan ini menggunakan 600 RPM pada empat kondisi dengan tujuan untuk mendapatkan hasil simulasi dari nilai pressure dan normal speed.

4.4 Proses Solver

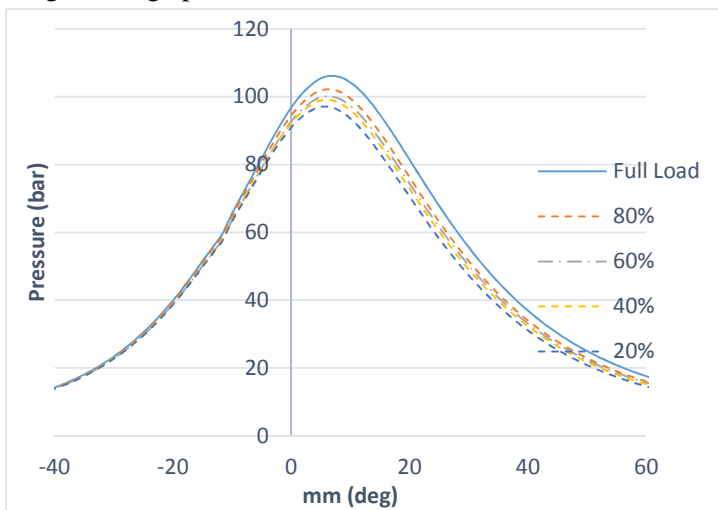
Setelah selesai memasukkan nilai mass flow rate pada boundary dan initial condition, maka tahapan berikutnya adalah melakukan simulasi berdasarkan inputan – inputan yang dimasukkan diatas. Didalam proses solver ini semua perhitungan numerik dimasukkan kedalam simulasi dan membentuk grafik aliran dan turbulensi. Simulasi yang dilakukan pada tahap solver ini mengutamakan kondisi scavenge ports yang 100% terbuka dan 50% terbuka mulai dari RPM 600 sampai 4200 RPM.

4.5 Hasil

Hasil dari solver manager dilanjutkan ke results untuk menunjukkan hasil simulasinya. Didalam results dapat dilihat nilai pressure, total pressure, turbulence eddy dissipation, turbulence kinetic dissipation dan velocity yang dihasilkan dari kondisi – kondisi yang telah ditentukan. Akan tetapi yang akan dilihat disini hanya hasil simulasi pressure dan velocity-nya saja.

4.5.1 Pressure Field

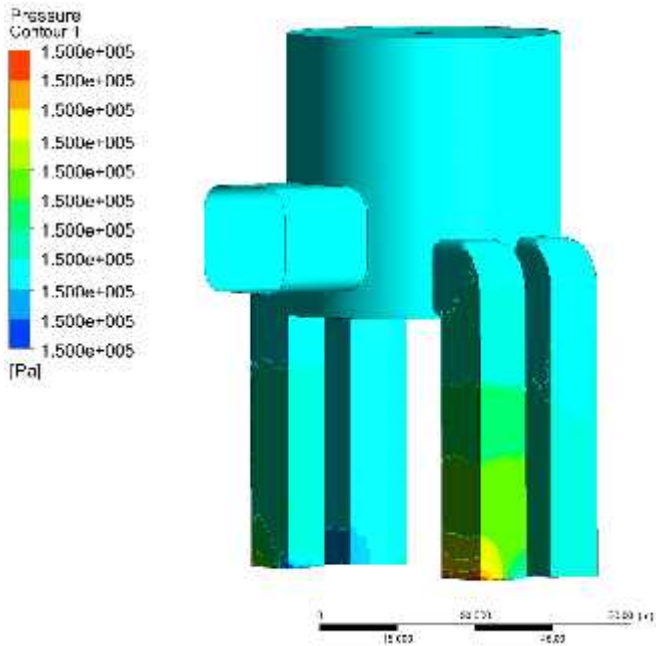
Sesuai karakteristik yang dimilikinya, semua mesin tipe dua langkah menggunakan prinsip yang sama dalam hal membersihkan gas sisa pembakaran dari dalam silinder dan menggantinya dengan udara segar yang telah diambil melalui intake ports. Ketika gas sisa pembakaran dibuang melalui exhaust port, secara bersamaan intake ports menghisap udara segar dari luar untuk didistribusikan kedalam silinder. Udara segar yang masuk kemudian di kompres oleh piston yang bergerak kearah Titik Mati Bawah dan didistribusikan kedalam 4 lubang scavenge ports.



Gambar 4.5 Grafik Tekanan dalam silinder 1
(Sumber : Bimatara, 2016)

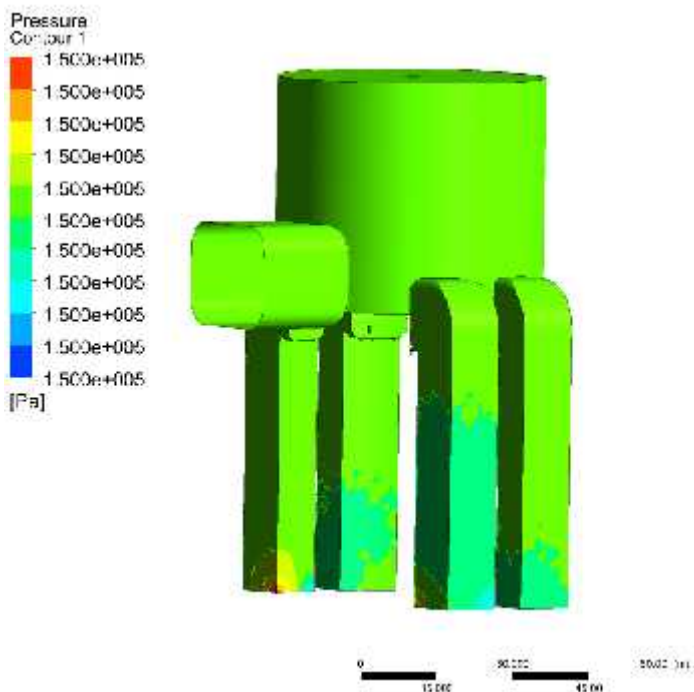
Gambar grafik menunjukkan grafik tekanan pada silinder yang merupakan indikator proses pembakaran dengan variasi beban, tekanan tertinggi silinder 1 terjadi pada beban 100% (*full load*) dan terjadi pada titik mati atas, karena pada tahap ini membutuhkan tekanan yang tinggi untuk melakukan pembakaran. Nilai tekanan tertinggi adalah 106.2 bar. Gambar-gambar dibawah menunjukkan besarnya pressure dan nilai dari pressure pada beberapa kondisi piston mulai dari scavenge ports terbuka 100% dan terbuka 50%, serta exhaust port terbuka 50% dan tertutup 100%.

Gambar 4.5 memiliki nilai pressure sebesar 1,5 bar. Pada kondisi scavenge ports yang terbuka 100%, aliran udara mengalir kedalam scavenge ports langsung dari area dibawah piston. Jadi berdasarkan desain, ketika intake port terbuka dan piston masih dalam kondisi hisap/intake, scavenge ports untuk area combustion juga sudah terbuka dan mengakibatkan aliran udara masuk ke area scavenge ports.



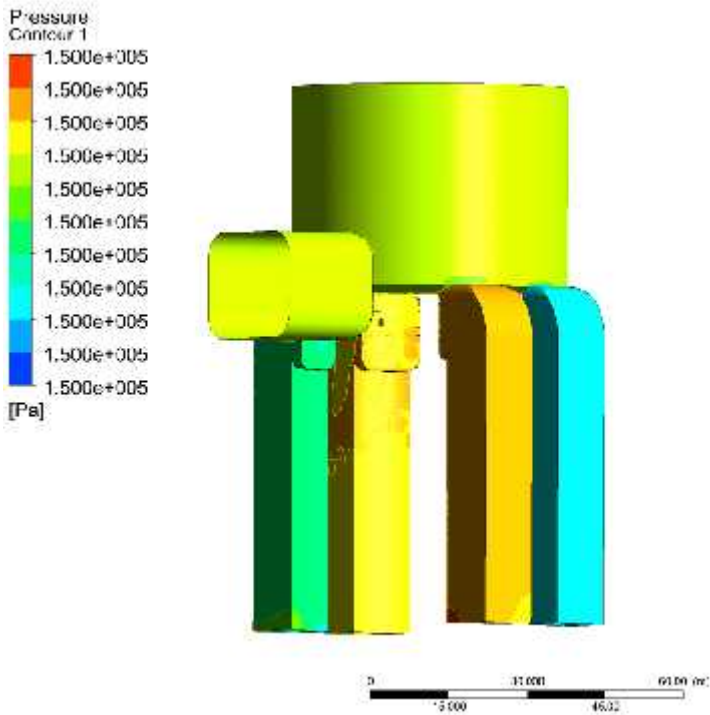
Gambar 4.6. Pressure pada kondisi 50,459 mm

Pada kondisi diatas, nilai pressure pada kondisi scavenge ports yang 100% terbuka adalah sebesar 1,5 bar atau 1,48 atm. Dengan menggunakan RPM 600, pressure yang terbesar adalah ketika aliran udara masuk kedalam scavenge ports. Terlihat pada gambar bahwa tekanan terbesar berada di ujung lubang masuk scavenge port, sedangkan ketika memasuki combustion area dan exhaust port, tekanannya termasuk stabil.



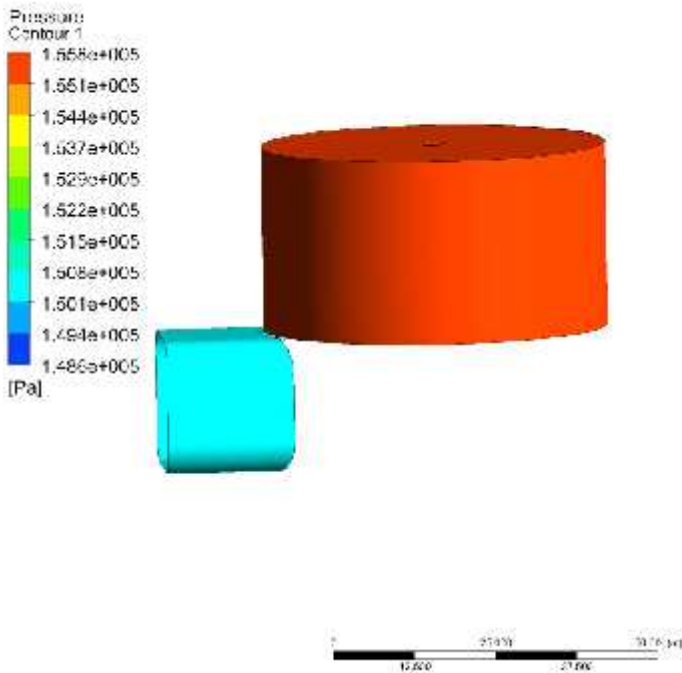
Gambar 4.7. Pressure pada kondisi 42,262 mm

Besar tekanan pada kondisi diatas adalah 1,5 bar atau 1,48 atm. Dengan kondisi scavenge ports yang terbuka 50%, tekanan yang berada didalamnya lebih besar dibandingkan saat terbuka 100%. Terlihat perbedaan warna tekanan ketika scavenge ports 100% terbuka adalah biru muda, dan pada saat terbuka hanya 50%, tekanannya lebih besar dengan ditunjukkan oleh warna hijau.



Gambar 4.8. Pressure pada kondisi 35,146 mm

Besar tekanan pada kondisi scavenge ports yang tertutup 100% dan exhaust port yang masih terbuka 50% adalah tekanan dinding silinder yang semakin besar dibandingkan dua simulasi sebelumnya. Untuk pewarnaan di scavenge ports yang tidak stabil atau berubah warna, bias disebabkan karena udara yang terdistribusikan kedalam combustion area tidak merata, jadi mengakibatkan perbedaan.

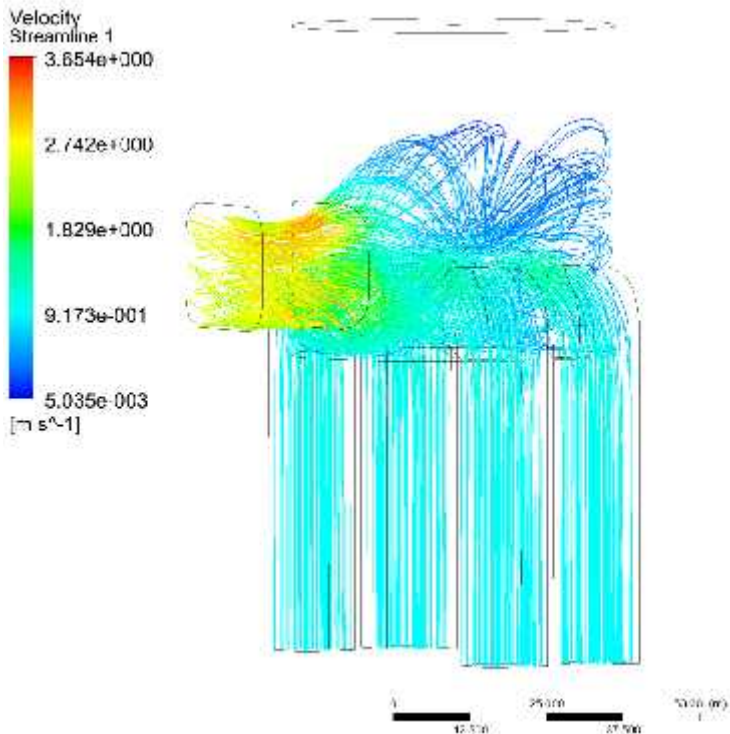


Gambar 4.9. Pressure pada kondisi 24,686 mm

Pada kondisi exhaust port tertutup 100%, terlihat bahwa tekanan didalam combustion area adalah yang paling besar dengan besar tekanan sebesar 1,558 bar. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar kompresinya atau semakin piston mendekati TMA, maka tekanan didalam silinder juga semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan warna merah yang merupakan penanda warna terbesar dari simulasi tersebut.

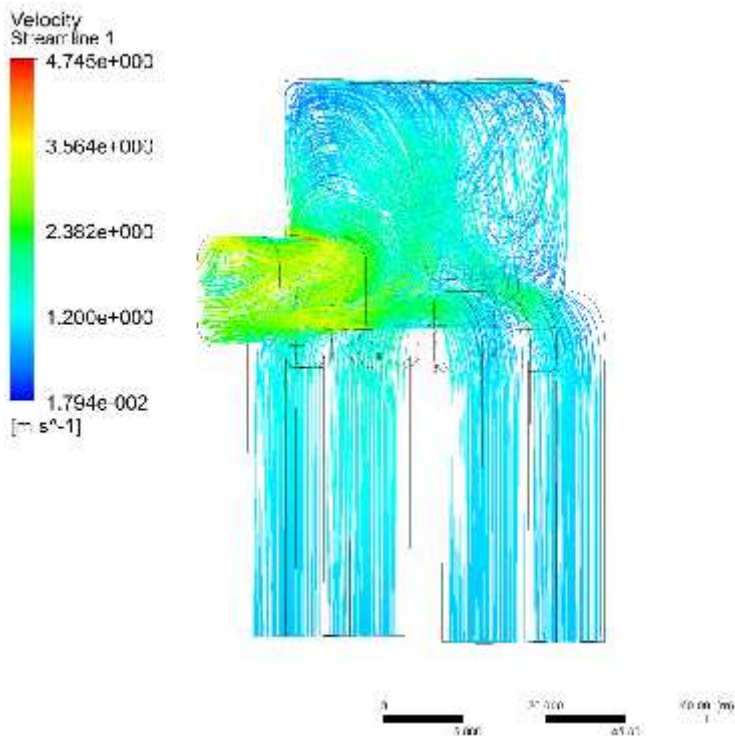
4.5.2 Velocity Field

Yang terlihat digambar 4.10 adalah aliran udara yang keluar dari lubang scavenge ports yang terdekat dengan exhaust, bukannya berkumpul ke arah combustion area, akan tetapi langsung keluar ke arah exhaust. Hal ini bisa terjadi disebabkan desain dari exhaust port yang tidak sesuai peletakannya atau karena lubang exhaust port yang terlalu besar. Selain itu, aliran yang mengalir masuk ke scavenge port juga menerima tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan tekanan yang terdapat di combustion area dan exhaust port.



Gambar 4.10. Velocity pada kondisi 50,459 mm dengan RPM 600

Gambar 4.11 menunjukkan aliran udara pada kondisi scavenge ports yang terbuka 50%. Pada kondisi ini, aliran mengalir dengan kecepatan tertinggi saat dibuang melalui exhaust port dengan besar kecepatannya $3,564 \text{ m/s}^2$. Untuk kecepatan aliran udara pada kondisi ini bias dikatakan efektif karena udara yang keluar dari exhaust ports banyak yang menyebar ke dalam combustion area, akan tetapi dua lubang scavenge ports yang berdekatan dengan exhaust port juga masih lebih banyak membuang udara langsung ke exhaust port, dikarenakan peletakan exhaust port yang tidak efisien.



Gambar 4.11. Velocity pada kondisi 42,262 mm dengan RPM 600

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi CFD yang telah dikerjakan untuk menganalisis proses scavenging dari *Semi – Free Piston Two Stroke Diesel Engine* Tipe Dua Langkah Berpiston Ganda Berlawanan Arah, maka kesimpulan yang dapat diambil setelah merangkum semuanya adalah; walaupun memiliki tekanan yang stabil sesuai mesin – mesin diesel lainnya, tetapi proses *scavenging* yang terjadi pada saat langkah kompresi atau mendekati titik mati atas (TMA) tidak berjalan sempurna dikarenakan aliran udara yang mengalir keluar dari 4 (empat) lubang scavenging banyak yang terbuang ke katub buang (*exhaust port*) sehingga proses pembakaran sempurna sulit terjadi.

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat saya rangkum setelah melakukan analisis aliran pada mesin ini :

1. Proses generate mesh lebih baik dikerjakan menggunakan software Gambit, karena lebih detail dalam pembuatan meshing dari sebuah model 3D.
1. Pengurangan jumlah scavenging ports dari 5 buah lubang menjadi 4 lubang dengan menghapus scavenging port yang terletak diatas intake ports.
2. Perlu dilakukannya perombakan desain terutama posisi katub buang dan panjang stroke-nya, karena lokasi katub buang pada mesin ini tidak efektif dalam proses pembakaran dan juga terlalu besar lubangnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Brojo, F. Santos, A. Gregorio, J. 2010. Computational Analysis of the Scavenging of a Two-Stroke Opposed Piston Diesel Engine. Proceedings of the World Congress on Engineering Vol. II. WCE 2010.
- Fathallah, A & Barus, A. 2015. Design and Analysis of Semi-Free Piston Two-Stroke Diesel Engine Dual Cylinder Opposite System. Jurnal SENTA 2015.
- Galdo, M & Vidal, R. 2012. Simulation of the Scavenging Process in Two-Stroke Engines. Escola Universidade da Coruna. Spain.
- Galdo, M & Vidal, R. 2012. Computational Fluida Dynamics Analysis of the Scavenging Process in the MAN B&W 7S50MC Two-Stroke Marine Diesel Engine. Journal of Ship Research. Escola Universidade da Coruna. Spain.
- Mikalsen, R & A.P. Roskilly. 2007. A Review Of Free-Piston Engine History and Applications. Applied Thermal Engineering Sir Joseph Swan Institute for Energy Research.
- Mikalsen, R & A.P. Roskilly. 2007. The Design and Simulation of a Two-Stroke Free-Piston Compression Ignition Engine for Electrical Power Generation. Sir Joseph Swan Institute for Energy Research. Newcastle University.
- Mikalsen, R & A.P. Roskilly. 2007. Performance Simulation of a Spark Ignited Free-Piston Engine Generator. Sir Joseph Swan Institute for Energy Research. Newcastle University.
- SureshBabu, G. Jagadeesh, S.. Saicharan, U. Praneeth, P. 2013. Analysis of a Single Cylinder Combustion Engine Using CFD. International Journal of Innovative Technology and Exploring Enginnering.
- Xiao, J. Li, Q. Huang, Z. 2009. Motion Characteristic of a Free-Piston Linear Engine. Applied Energy at www.elsevier.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Kota Reyog Ponorogo Provinsi Jawa Timur pada tanggal 21 Oktober 1991. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Supriyanto dan Siti Samsiyah. Sejarah pendidikan penulis dimulai pada tahun 1997 ketika masuk ke sekolah dasar di SDN Mangkujayan 2 Ponorogo yang kemudian dilanjutkan ke SMPN 4 Ponorogo pada tahun 2004, dan berlanjut ke SMAN 1 Ponorogo pada tahun 2007. Setelah menyelesaikan jenjang SMA, penulis melanjutkan pendidikan tinggi S1 Reguler di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan pada tahun 2011 dan mendapat Nomer Registrasi Pokok (NRP) 4211 100 088. Untuk bisa menyelesaikan studi Strata 1, maka penulis mengambil Tugas Akhir di bidang *Marine Power Plant* (MPP) dengan tujuan untuk mengembangkan diri dan wawasan ilmu pengetahuan tentang permesinan dan komponen – komponennya. Semasa menjalani perkuliahan, penulis cukup aktif dalam keorganisasian dengan menjabat sebagai Kepala Divisi Pengembangan Inovasi dan Teknologi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan (2013-2014) dan Wakil ketua *Marine Power Plant Laboratory* (MPP) (2014-2015). Selain itu, penulis juga cukup sering mengikuti kegiatan kepanitiaan dan kegiatan pengembangan mahasiswa, serta mengikuti seminar dan forum komunikasi yang diadakan baik di Jurusan maupun diluar Jurusan.