



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA KINERJA MOTOR DIESEL
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI
WIDE OPERATING SPEED RANGE
(WOSR)**

SITI LIS INA ATUL MA'RIFAH
NRP. 4211 100 023

Dosen Pembimbing:
Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M. Eng, Ph.D
DR. I Made Ariana, S.T, M. Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



SKRIPSI - ME141501

PERFORMANCE ANALYSIS OF DIESEL ENGINE BY APPLYING WIDE OPERATING SPEED RANGE (WOSR)

SITI LIS INA ATUL MA'RIFAH
NRP. 4211 100 023

Advisors:

Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M. Eng, Ph.D
DR. I Made Ariana, S.T, M. Sc

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KINERJA MOTOR DIESEL DENGAN MENGUNAKAN APLIKASI *WIDE OPERATING SPEED RANGE (WOSR)*

SKRIPSI

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

Oleh :

SITI LIS INA ATUL MA'RIFAH
NRP. 4211 100 023

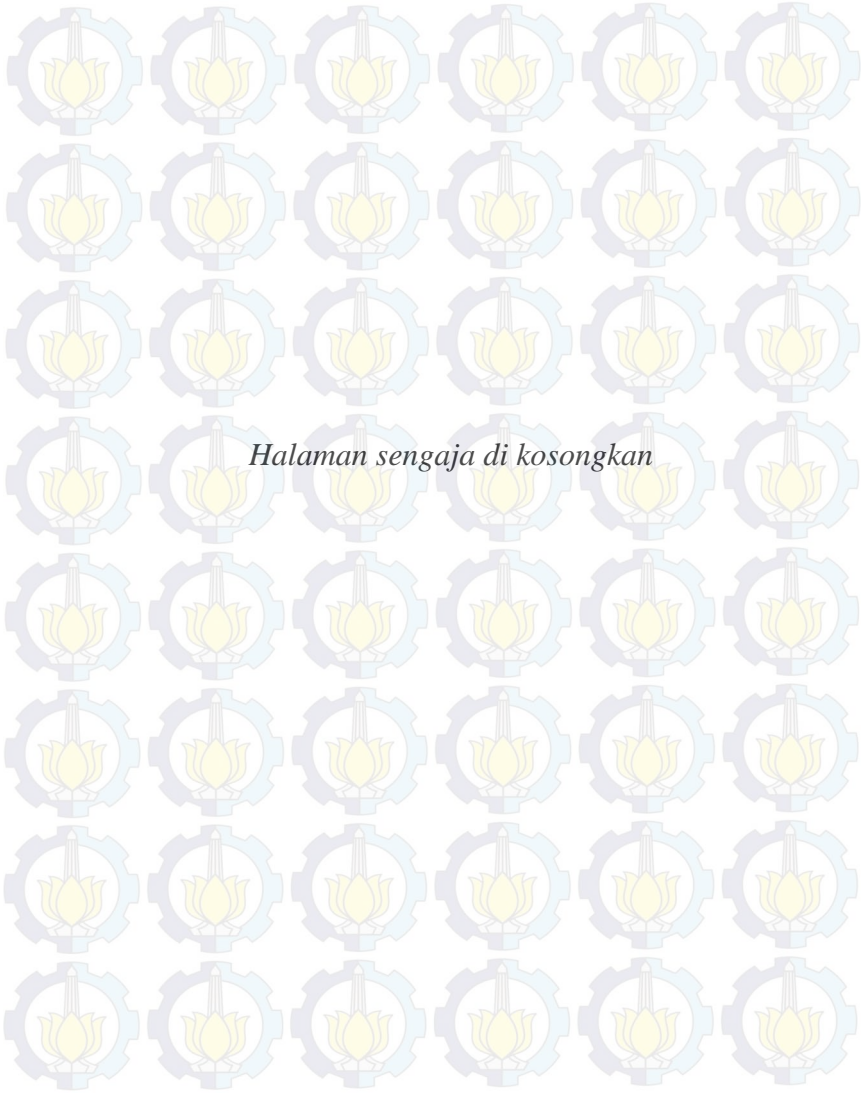
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. *Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D*

2. *DR. I Made Ariana S.T. M.Sc*



SURABAYA
Juli, 2015



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KINERJA MOTOR DIESEL DENGAN MENGUNAKAN APLIKASI *WIDE OPERATING SPEED* *RANGE (WOSR)*

SKRIPSI

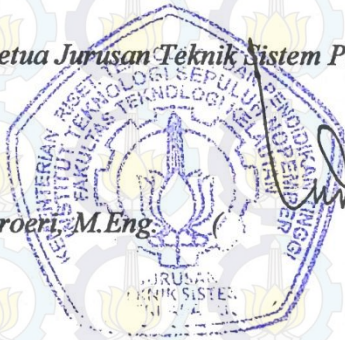
*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

SITI LIS INA ATUL MA'RIFAH
NRP. 4211 100 023

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

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



SURABAYA
Juli, 2015



Halaman sengaja di kosongkan

ANALISA KINERJA MOTOR DIESEL DENGAN MENGUNAKAN APLIKASI *WIDE OPERATING SPEED RANGE (WOSR)*

Nama Mahasiswa : Siti Lis Ina Atul M
NRP : 4211 100 023
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agung Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D.
2. I Made Ariana ST, M.Sc.

Abstrak

Marine diesel digunakan sebagai *marine propulsion engine* mempunyai operasi yang khusus. Dalam pengoperasiannya faktor medan, faktor cuaca, faktor tahanan kapal yang berbeda serta aturan Marpol makin diperketat merupakan penyebab operasi motor. Untuk itu memerlukan desain motor yang dapat mengatasi permasalahan ini. Penggunaan *Wide Operating Speed Range (WOSR)* merupakan salah satu alternatif untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Prinsip kerja WOSR dengan pengaturan *injection timing* yang tepat untuk menghasilkan daya yang besar dan emisi yang rendah. Untuk mempelajari digunakan *power prediction* secara simulasi. Dengan menggunakan data-data motor sebenarnya sebagai input data simulasi maka diperoleh kinerja motor yang diinginkan. Hasil penelitian ini didapatkan daya yang mirip pada putaran 1600 rpm – 1800 rpm. Pada putaran 1600 rpm menunjukkan daya sebesar 746,4 kW, torsi 4458,23 Nm dan Bsfc 505,0717 g/Kwh. Pada 1700 rpm menunjukkan daya sebesar 746,85 kW, torsi sebesar 4195,22 Nm dan Bsfc 547,3883 g/kWh. Serta pada 1800 rpm menunjukkan daya sebesar 746,68 kW, torsi 3961,25 Nm dan Bsfc 587,0963 g/kWh.

Kata kunci : *Marine diesel engine, Injection timing, WOSR, performa motor.*

Halaman sengaja di kosongkan

PERFORMANCE ANALYSIS OF DIESEL ENGINE BY APPLYING WIDE OPERATING SPEED RANGE (WOSR)

Student`s Name : Siti Lis Ina Atul Ma`rifah
NRP : 4211 100 023
Advisors : 1. Ir. Agung Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D.
2. I Made Ariana ST, M.Sc.

Abstract

A marine diesel engine used as marine propulsion has a specific operation. In its operation, there are various fields, weathers, and ship's resistances. Moreover, MARPOL rules about exhaust gas were being tightened. Based on the afore mentioned case, it requires a design of engine that can resolve these problems, one of the alternatives is by applying Wide Operating Speed Range (WOSR). The working principle of WOSR is setting the injection timing properly to produce large power and low emissions. In this thesis, power prediction simulation was used. By using the actual data of engine cycle as an input of simulation data, engine performance was obtained as expected. From this research, the powers obtained were similar at speed 1600 rpm – 1800 rpm. At 1600 rpm, it indicated power of 746.4 kW, torque of 4458.23 Nm, and BSFC of 505.0717 g / Kwh. At 1700 rpm, it indicated power of 746.85 kW, torque of 4195.22 Nm, and BSFC of 547.3883 g / kWh. Furthermore, at 1800 rpm, it indicated power of 746.68 kW, torque of 3961.25 Nm, and BSFC of 587.0963 g / kWh.

Keywords : Marine diesel engine, Injection timing, WOSR, engine performance.

Halaman sengaja di kosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala limpahan rahmat serta hidayahNya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) program Studi S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS.

Penulis menyadari bahwa segala yang ada di dalam skripsi ini masih memiliki kekurangan. Hal ini disebabkan keterbatasan ilmu pengetahuan serta wawasan yang penulis miliki. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat konstruktif dari berbagai pihak guna perbaikan kedepannya.

Dalam pengerjaan skripsi ini, banyak pihak yang telah ikut serta memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga buku laporan skripsi ini dapat terselesaikan tepat waktu. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta di rumah yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
2. Segenap saudara-saudara kandung dan keponakan tercinta yang memberikan dukungan, motivasi dan semangat.
3. Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
4. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc. selaku koordinator skripsi
5. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan ilmu "*state of the art*", arahan dan semangat kepada penulis.
6. Bapak DR. I Made Ariana S.T, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang dengan sabar memberikan arahan kepada penulis.
7. Segenap dosen penguji pada Lab MPP yang telah memberikan sumbangan ide yang bersifat konstruktif kepada penulis.
8. LIPI Bandung, Bapak Budi Widodo dan Bapak Yanto yang telah memberikan akses untuk penggunaan labolatorium dan arahan dalam pengerjaan skripsi.

9. Bapak Heru Hermawan, Bapak Joko Susilo, Bapak Kuswanto serta seluruh karyawan PT. Trakindo Utama atas bimbingan dan kemudahan akses dalam pengambilan data skripsi.
 10. Segenap pengurus dan karyawan PT. Trakindo Utama Training Center dalam memberikan ilmunya selama menempuh Kerja Praktek II.
 11. Segenap rekan-rekan member Lab Getaran serta Tim *study case* PT. Trakindo Utama, terimakasih atas kebersamaan dan dukungannya.
 12. Oki Galih Sutrisno yang memberikan dukungan, semangat, informasi dan yang paling penting kesabarannya.
 13. Rekan-rekan angkatan AMPIBI'11 dalam memberikan motivasi penuh, khususnya Dewi Yuni Astutik (teman tidur dan begadang dilab) dan Retno Sri Wilujeng (teman diskusi satu lab dan teman kerja praktek) serta rekan-rekan lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
 14. Segenap pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis ucapkan banyak terimakasih.
- Akhir kata, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul_id	
Halaman Judul_en	
Lembar Pengesahan	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan	3
I.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
II.1 Tinjauan Pustaka.....	5
II.2 Dasar Teori	10
BAB III METODOLOGI	
III.1 Studi litelature	16
III.2 Pengumpulan data mesin CAT C32 ACERT.....	16
III.3 Meancang model dengan menggunakan AVL B	17
III.4 Analisa model	18
III.5 analisa performa mesin diesel	18
III.6 Kesimpulan	19
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Analisa performa motor diesel	21
IV.1.1 Analisa unjuk kerja motor diesel	22
IV.1.2 Analisa perbandingan unjuk kerja motor	25

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	29
V.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Parameter komponen AVL.....	11
Tabel 4.1 Performa motor diesel	23

Halaman sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram <i>engine performance</i> CAT 3516B	5
Gambar 2.2 <i>Fuel injection too late</i>	6
Gambar 2.3 <i>Fuel injection too early</i>	7
Gambar 2.4 <i>Performance curve</i> CAT C32 ACERT	9
Gambar 2.5 Model AVL Boost	11
Gambar 2.6 <i>Cylinder General Window</i>	12
Gambar 2.7 <i>Reference point for volumetric efficiency</i>	13
Gambar 2.8 <i>Simulation status window</i>	13
Gambar 2.9 Task information window.....	14
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	15
Gambar 3.2 CAT C32 ACERT	17
Gambar 3.3 Pemodelan CAT C32	18
Gambar 4.1 Unjuk kerja motor diesel	22
Gambar 4.2 Perbandingan unjuk kerja motor diesel	25

Halaman sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang masalah

Motor diesel atau motor pemicu kompresi adalah motor pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Motor diesel memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan motor pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Oleh sebab itu motor diesel merupakan salah satu sistem penggerak yang banyak digunakan dalam bidang transportasi laut. Salah satunya adalah kapal.

Selama pengoperasiannya motor diesel darat hanya dioperasikan pada *power* dan putaran yang konstan. Tidak demikian dengan motor diesel *marine use*, penggunaan motor diesel akan mendapatkan beban yang bervariasi karena badan kapal mendapatkan hambatan dari kapal, selain itu mendapatkan terjangan ombak yang begitu dahsyat terhadap badan kapal yang membuat motor diesel mengalami beban kejut atau beban berlebih sehingga motor diesel mengalami penurunan. Penurunan tersebut terjadi pada putaran motor diesel sehingga kecepatan dari kapal menurun serta *power* yang ditransmisikan juga mengalami penurunan.

Selain itu harga bahan bakar mengalami kenaikan setiap tahunnya juga menjadi suatu permasalahan yang sangat perlu diatasi. Harga *Marine Diesel Oil* (MDO) pada periode 15 Januari 2014 berkisar di harga Rp. 9.075,- per liter, sedangkan pada 01 Desember 2014 berkisar di harga 10.750 per liter (Pertamina, 2014). Tentu saja hal ini akan menambah *operating cost* dari kapal tersebut. Seperti diketahui bahwa biaya bahan bakar setidaknya mengambil prosentase sebesar 60% dari total keseluruhan biaya operasional sebuah kapal kargo (Morawicki, 2012). Selain harga bahan bakar yang terus naik, masalah lain yang dihadapi dunia perkapalan saat

ini adalah munculnya kebijakan baru dari IMO mengenai kualitas bahan bakar yang digunakan. Peraturan IMO baru yang mengenai kandungan sulfur yang jauh lebih rendah dalam bahan bakar *bunker*. Saat ini jumlah kandungan sulfur yang diperbolehkan dalam bahan bakar *bunker* untuk kapal yang melintas di daerah kontrol emisi Amerika Utara akan diturunkan dari 4,5 persen menjadi 0,1 persen pada skala global, pada tahun 2020 tingkat kandungan sulfur yang diperbolehkan akan diturunkan dari 4,5 persen menjadi 0,5 persen (Henderson, 2014).

Oleh karena itu Caterpillar yang merupakan produsen *marine power system* yang berasal dari Amerika mengembang suatu sistem yang dapat mengatur *power* serta putaran sesuai dengan kebutuhan. Selain itu memudahkan pemilik kapal dalam memilih tipe sistem propulsor serta mengefisienkan konsumsi bahan bakar. Salah satunya metode yang diterapkan pada motor disel yaitu WOSR (*Wide Operating Speed Range*).

Dengan menggunakan pengaplikasian metode ini pada *marine diesel engine* maka performa *engine* akan tetap terjaga. Selain itu jumlah pasokan bahan bakar yang diinjeksikan menuju ruang bakar dapat dikontrol oleh sebuah unit modul control berdasarkan beban kerja dan putaran *engine* yang disebut dengan *Engine Control Unit*. Sehingga jumlah bahan bakar yang diinjeksikan benar-benar dikontrol agar tidak *excess fuel* serta pemilihan sistem propulsi benar-benar *matching* dengan kebutuhan kapal.

I.2 Perumusan masalah

Berdasarkan uraian penjelasan diatas yang membahas mengenai bagaimana *Wide Operating Speed Range* diaplikasikan pada *marine diesel engine*, maka dapat dirumuskan berbagai permasalahan dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana mengatur waktu penginjeksian bahan bakar pada motor diesel yang menerapkan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*)?
2. Bagaimana performa motor diesel yang menerapkan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*)?

I.3 Batasan masalah

Dari permasalahan yang harus diselesaikan seperti diatas, maka perlu adanya batasan masalah. Hal ini bertujuan agar pembahasan pada tugas akhir tidak melebar terlalu luas. Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Desain yang dirancang dikhususkan untuk *marine diesel* Caterpillar dengan tipe CAT C32 ACERT *marine propulsion engine* dengan 1000 bhp WOSR 1600-1800 rpm.
2. Tidak membahas secara detail sistem bahan bakar yang menggunakan ECU (*Electronic Control Unit*) yang merupakan salah satu sistem yang terpasang pada *electrical fuel system*.

I.4 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa waktu penginjeksian bahan bakar yang tepat pada motor diesel yang menggunakan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*).
2. Mengetahui performa motor diesel yang menerapkan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*).

I.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui waktu penginjeksian bahan bakar yang tepat pada motor diesel yang menggunakan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*).

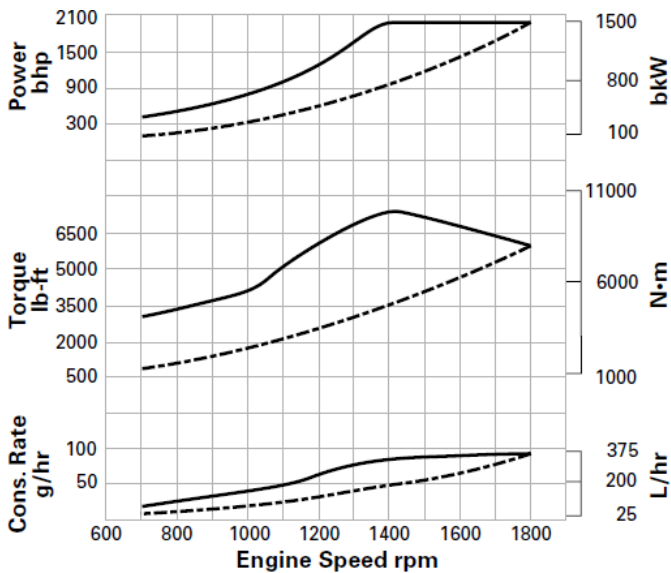
2. Dapat dijadikan acuan dalam mengoperasikan motor diesel yang menerapkan aplikasi WOSR (*Wide Operating Speed Range*) pada power yang paling efektif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

I.1 TINJAUAN PUSTAKA

Parameter terpenting dalam suatu motor diesel adalah performa motor yang biasanya dinyatakan dalam KW atau HP. Dalam pengoperasiannya motor diesel dibatasi *engine envelope*. Sebagai contoh adalah Caterpillar *marine engine 3516B*.



Gambar 2.1. Diagram *engine performance* CAT 3516B
Sumber: *Spec sheet* CAT *marine engine 3516B*

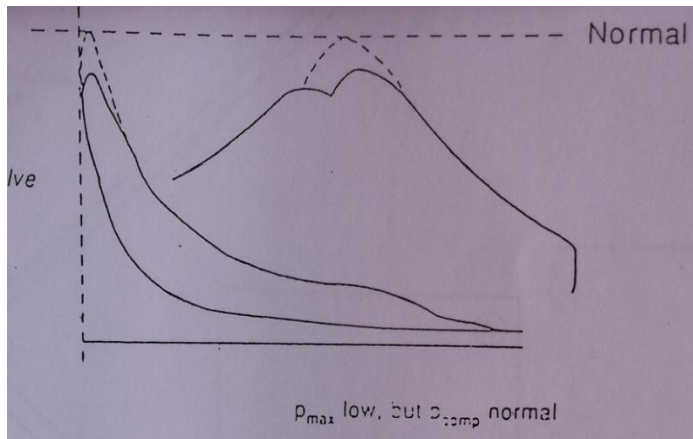
Pada Gambar 2.1. menjelaskan performa motor diesel konvensional. Pada CAT 3516B pada putaran 1600 rpm menghasilkan *power* sebesar 1048 kW dan pada putaran 1800 *power* yang dihasilkan 1492 kW. Maka dapat disimpulkan bahwa daya yang dikeluarkan oleh motor akan bertambah sesuai dengan bertambahnya putaran motor.

Karena hal tersebut maka perlu dilakukan pengembangan unjuk kerja motor diesel. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah waktu penginjeksian bahan bakar atau biasa disebut dengan *injection timing*.

Pengaturan injeksi bahan bakar berfungsi untuk mengatur waktu yang tepat dalam penyemprotan bahan bakar serta jumlah bahan bakar yang diperlukan. Jika bahan bakar diinjeksikan terlalu awal, maka penyalanya akan lambat karena suhu udara pada titik ini tidak cukup tinggi. namun jika bahan bakar diinjeksikan terlambat dalam siklus, maka sebagian bahan bakar akan terbakar pada saat piston telah jauh melampaui TMA. Jika ini terjadi, maka motor diesel tidak akan membangkitkan daya maksimumnya, gas buang akan lebih berasap dan pemakaian bahan bakar akan boros. (Hutabarat, 2006)

Berikut ini penjelasan mengenai injeksi bahan bakar.

1. Injeksi bahan bakar terlambat



Gambar 2.2. *Fuel injection too late*

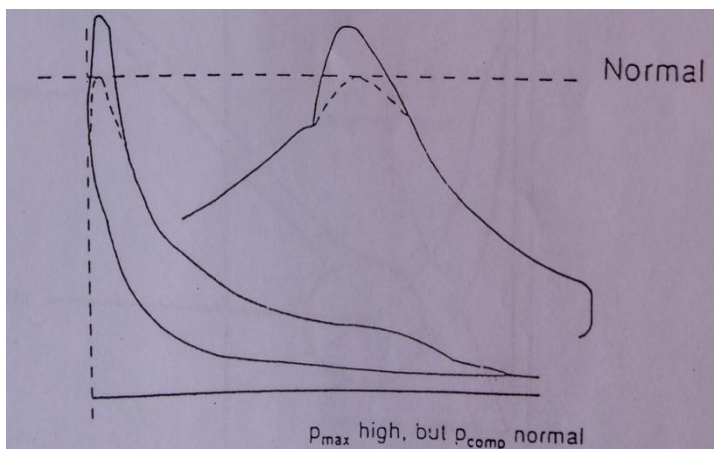
Sumber : Imare, 2001

Gambar 2.2. diatas menjelaskan prestasi motor diesel apabila injeksi bahan bakar terlambat. Karena

penyalan terlalu lambat mengakibatkan tekanan pada tahap pembakaran menjadi rendah sedangkan tekanan kompresi tetap normal. Hal tersebut berdampak pada kualitas pembakaran yang tidak sempurna.

Timing penyemprotan bahan bakar sangat berpengaruh pada kualitas bahan bakar. Jika *timing* penyemprotan terlambat, maka waktu yang dibutuhkan bahan bakar untuk terbakar menjadi sempit sehingga bahan bakar dapat terbakar disaluran *exhaust*. Hal ini menyebabkan derating pada prestasi motor diesel. (Hutabarat, 2006)

2. Injeksi bahan bakar lebih cepat



Gambar 2.3. *Fuel injection too early*

Sumber : Imare, 2001

Gambar 2.3. diatas menjelaskan bahwa penyalan yang terlalu dini menyebabkan tekanan pembakaran menjadi tinggi. Sudut penyemprotan yang semakin awal akan menyebabkan laju kenaikan tekanan pembakaran yang semakin cepat yang berpengaruh terhadap semakin

tingginya tekanan pembakaran dalam silinder. (Hutabarat, 2006).

Waktu penginjeksian akan berpengaruh terhadap *power* yang akan dikeluarkan oleh motor diesel. Oleh sebab itu perlu sebuah sistem yang akan mengatur waktu injeksi bahan bakar dan kuantitas bahan bakar ke dalam proses pembakaran. Dan saat ini sedang berkembang sistem penginjeksian bahan bakar dengan sistem elektrik yang disebut dengan *Electronic Control Unit* (ECU).

Electronic control unit atau *electronic control module* (ECM) merupakan otak *engine* elektronik yang mengatur sistem bahan bakar. ECU menggunakan informasi yang dikumpulkan oleh sensor-sensor yang terletak di bagian-bagian motor. Sensor-sensor yang dideteksi oleh ECU antara lain tekanan, suhu, kecepatan motor. ECM menggunakan informasi tersebut untuk menentukan tekanan injeksi bahan bakar, waktu dan durasi (Trakindo Training Center, 2003). ECU mengirimkan sinyal ke setiap injektor solenoid yang akan mengatur jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan kedalam setiap silinder.

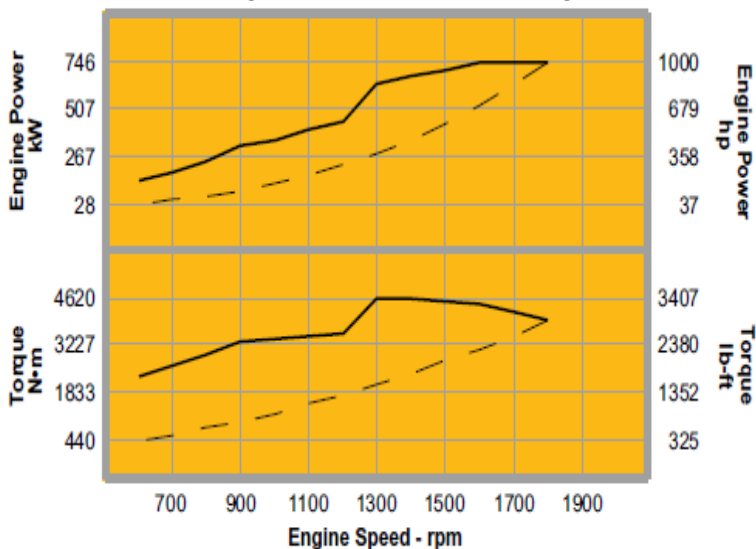
Untuk itulah Caterpillar yang merupakan *engine maker* mengembangkan sebuah motor diesel elektrik yang dapat menginjeksikan bahan bakar sesuai dengan kecepatan dan tenaga motor yang disebut dengan *Wide Operating Speed Range* (WOSR).

Wide Operating Speed Range (WOSR) adalah sebuah fitur yang dikembangkan oleh Caterpillar untuk berbagai variasi operasi mesin. Dalam operasinya WOSR menyediakan fleksibilitas dalam mengoperasikan mesin pada rentang kecepatan yang luas agar dapat memberikan efisiensi yang baik.

Fitur ini dihasilkan dari pengontrolan *timing injection* dan kualitas bahan bakar yang harus diinjeksikan ke setiap silinder yang diatur oleh sebuah

modul yang disebut dengan *Mechanically actuated, Electronically controlled Unit Injection (MEUI)*.

Salah satu produk CAT WOSR adalah C32 ACERT.



Gambar 2.4. *Performance curve* CAT C32 ACERT

Sumber : Manual book CAT C32 ACERT

Heru Hermawan dalam "*The Benefit "WOSR" Rating in C32 ACERT Marine Propulsion*" mengatakan kinerja WOSR dicapai dengan memanfaatkan nilai 1600 rpm dan memungkinkan *power* tetap dipertahankan sampai pada tingkat 1800 rpm. Sehingga *performance curve* yang dihasilkan bisa dikatakan konstan pada putaran 1600 rpm sampai dengan 1800 rpm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa WOSR dicapai apabila waktu dan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sesuai dengan kebutuhan motor.

Keuntungan penerapan WOSR terhadap motor diesel sebagai berikut:

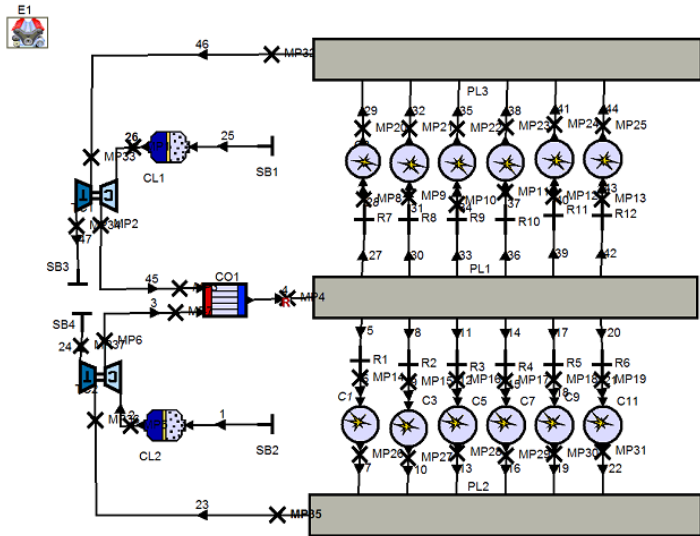
1. WOSR sangat cocok untuk kapal yang memiliki beban atau kecepatan (mode operasi) berbeda karena adanya *flat power* pada putaran.
2. WOSR memberikan kemudahan dalam pemilihan tipe propeller.
3. Memiliki daya tahan sama dengan motor konvensional walaupun WOSR memiliki *range* putaran yang lebih luas.

I.2 DASAR TEORI

Untuk menunjukkan perubahan unjuk kerja motor menggunakan suatu software. Salah satunya adalah AVL Boost. AVL Boost adalah "*virtual engine simulation tool*" yang dikembangkan oleh AVL Cooperation. AVL Boost merupakan salah satu pemodelan yang digunakan dalam memprediksi unjuk kerja motor.

Boost adalah sebuah simulasi *tool* yang canggih dan terintegrasi secara akurat memprediksi performa motor, efektivitas gas buang setelah ditreatment. Karena itu konsep pembakaran perlu dipahami dengan baik sehingga daya dan torsi yang diperlukan dapat tercapai dan didapatkan emisi yang optimal.

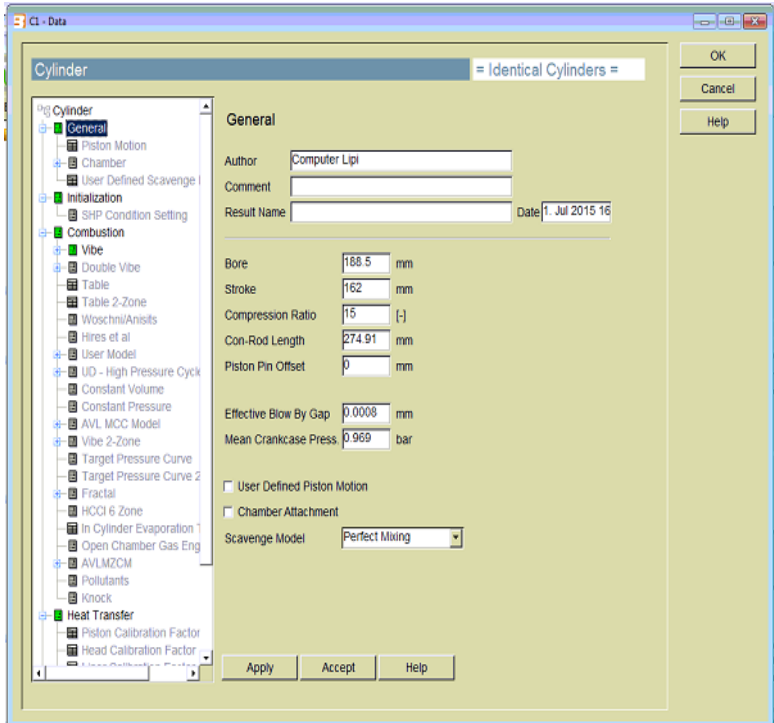
Dalam pemodelan penggunaan software menggunakan data geometri atau komponen-komponen motor diesel. Komponen-komponen tersebut ditempatkan secara urut mulai dari spesifikasi motor, *aircleaner*, *turbocharger*, *air cooler*, *intake manifold*, *cylinder*, dan *plenum* serta pipa yang berfungsi sebagai penghubung.



Gambar 2.5. Model AVL Boost

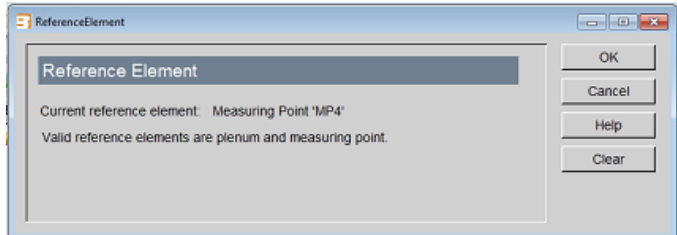
Tabel 1.1. Geometri komponen motor C32 ACERT

No	Komponen	Dimensi	Satuan
1.	<i>Engine</i>		
	- . Putaran	1600-1800	rpm
	- . Cycle	4	Stroke
2.	<i>Cylinder</i>		
	- . Bore	188,5	mm
	- . Stroke	162	mm
	- . Compression ratio	15	
	- . Panjang Con-rod	274,91	mm
	- . Rasio A/F	14,7	
3.	Air Celaner	8,5	liter
4.	Plenum		
	- . Panjang	1242	mm
	- . Lebar	96	mm



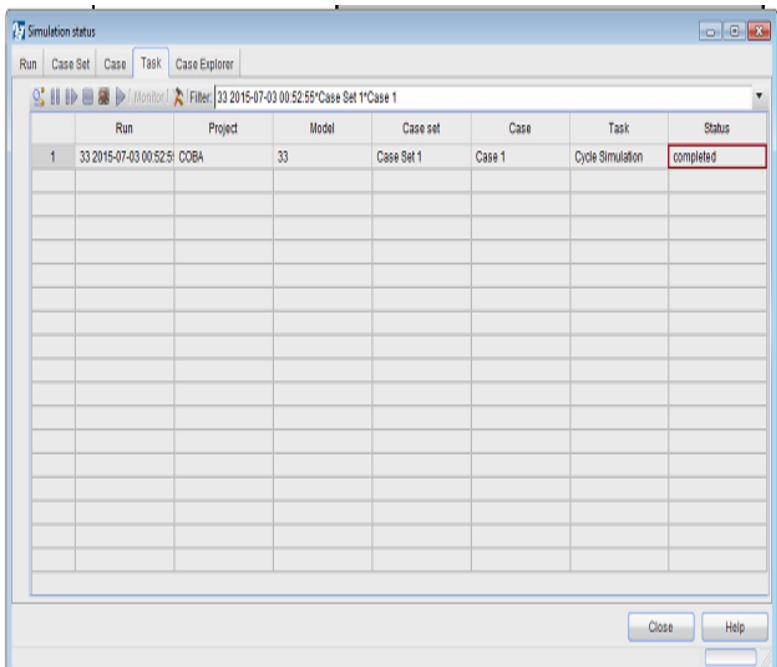
Gambar 2.6. *Cylinder General Window*

Pada tahap ini semua parameter dimasukkan sesuai dengan *window* masing-masing komponen. Dalam penginputan parameter diharuskan sesuai dengan kondisi nyata untuk menghasilkan informasi yang akurat. Selanjutnya adalah menentukan *measuring point*. *Measuring point* digunakan sebagai titik pengukuran yang berisikan informasi aliran, kondisi gas pada pipa. Lokasi *measuring point* harus dispesifik jarak dari ujung pipa. *Output* dari *measuring point* tekanan, kecepatan aliran, suhu dan laju aliran massa.

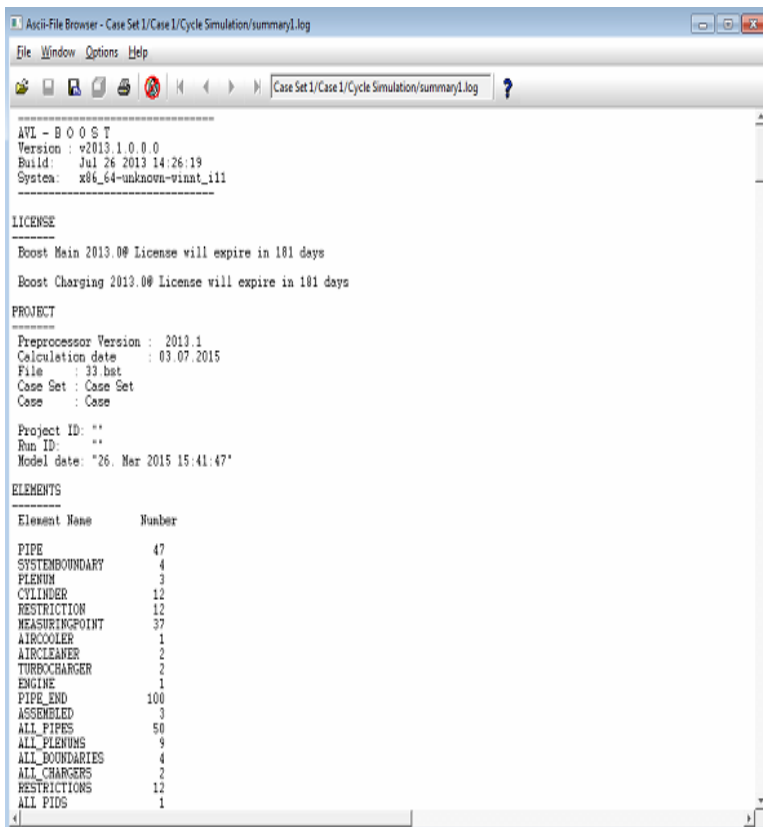


Gambar 2.7. *Reference point for volumetric efficiency*

Simulasi pemodelan siap dilakukan dan diikuti dengan *window* yang menyediakan status dari simulation. *Show summary* untuk menampilkan hasil ringksasan perhitungan bersama-sama dengan informasi rinci dari model perhitungan dan batas penting dari perhitungan.



Gambar 2.8. *Simulation status window*



Ascii-File Browser - Case Set 1/Case 1/Cycle Simulation/summary1.log

File Window Options Help

Case Set 1/Case 1/Cycle Simulation/summary1.log ?

```

-----
AVI - B O O S T
Version : v2013.1.0.0.0
Build : Jul 26 2013 14:26:19
System: x86_64-unknown-vimnt_111
-----

LICENSE
-----
Boost Main 2013.00 License will expire in 181 days

Boost Charging 2013.00 License will expire in 181 days

PROJECT
-----
Preprocessor Version : 2013.1
Calculation date : 03.07.2015
File : 33.lst
Case Set : Case Set
Case : Case

Project ID: **
Run ID: **
Model date: "26. Mar 2015 15:41:47"

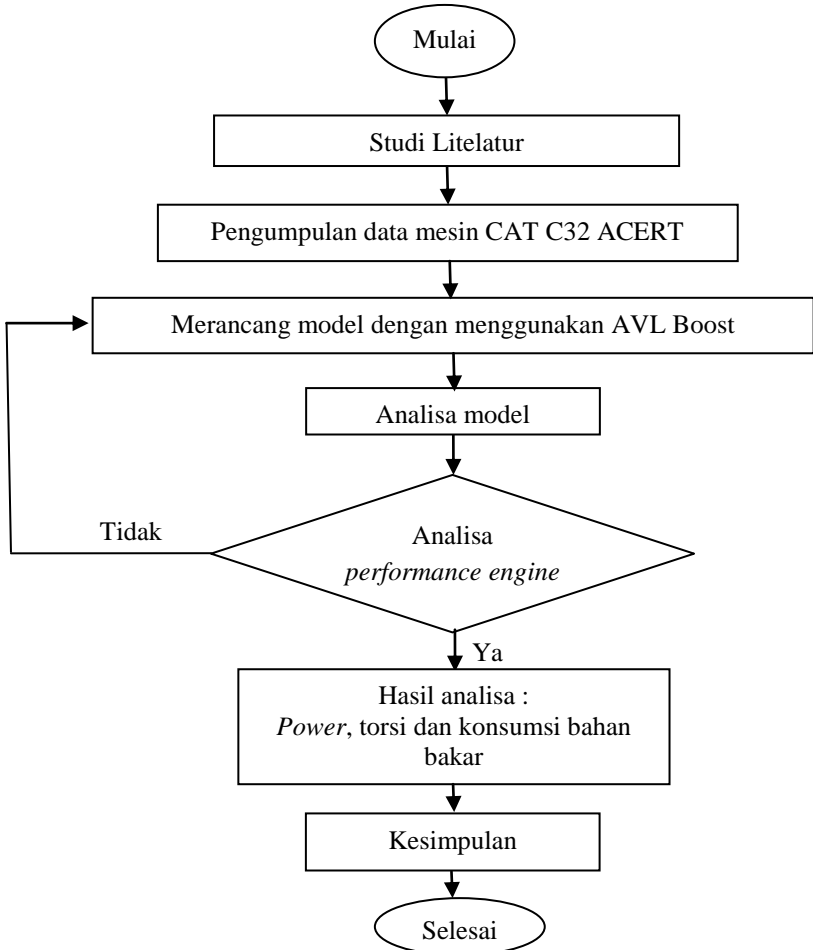
ELEMENTS
-----
Element Name Number
PIPE 47
SYSTEMBOUNDARY 4
PLENUM 3
CYLINDER 12
RESTRICTION 12
MEASURINGPOINT 37
AIRCOOLER 1
AIRCLEANER 2
TURBOCHARGER 2
ENGINE 1
PIPE_END 100
ASSEMBLED 3
ALL PIPES 50
ALL PLENUMS 9
ALL BOUNDARIES 4
ALL CHARGERS 2
RESTRICTIONS 12
ALL PIDS 1

```

Gambar 2.9. Task information window

BAB III METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

I.1 Studi litelatur

Studi litelatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penulisan tugas akhir ini. Referensi yang diperlukan mengenai pengaturan injeksi bahan bakar melalui berbagai media, antara lain:

- Buku
- Jurnal
- Artikel
- Paper
- Tugas akhir
- Internet
- Manual book Caterpillar

Berbagai referensi dan litelatur guna mendukung dalam pengerjaan skripsi ini. Utamanya berkaitan dengan injeksi bahan bakar, *Wide Operating Speed Range (WOSR)* dan berbagai litelatur yang mendukung.

I.2 Pengumpulan data mesin CAT C32 ACERT

Pengumpulan data sangat diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Pengumpulan data-data digunakan sebagai inputan simulasi untuk mengetahui performa dari motor dengan penerapan aplikasi *Wide Operating Speed Range (WOSR)*. Yaitu data geometri mesin CAT C32 ACERT dan data-data geometri komponen mesin yang didapatkan dari *manual book*, *service information system*, dan beberapa website Caterpillar. Berikut ini spesifikasi mesin yang digunakan:

Maker	: Caterpillar
Model	: C32 ACERT
Number of cylinder	: Vee 12
Cycle	: 4 stroke
Displacement	: 32.1 Liter
Rated <i>engine</i> speed	: WOSR @ 1600-1800 rpm
Bore	: 145 mm
Stroke	: 162 mm
Firing order	: 1-10-9-6-5-12-11-4-3-8-7-2

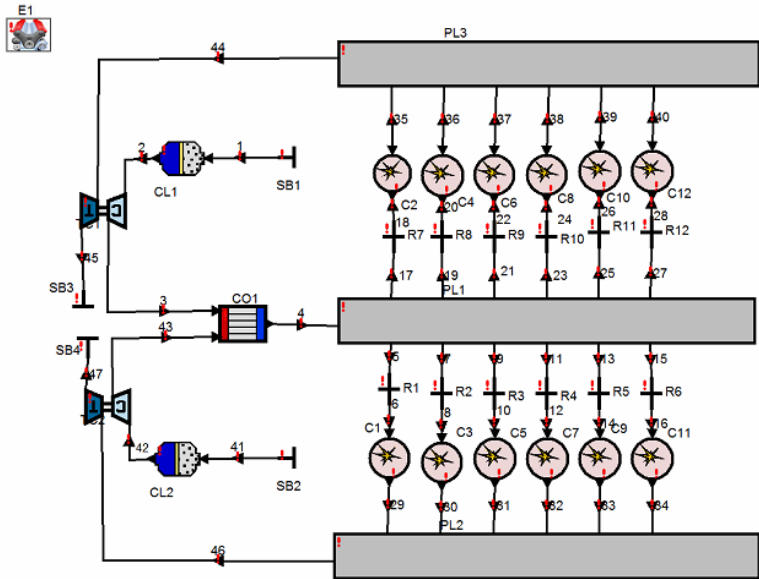
Combustion system : Direct injection



Gambar 3.2. CAT C32 ACERT

I.3 Merancang model dengan menggunakan AVL Booster

Setelah mendapatkan gambaran awal mengenai model awal dan setelah data-data yang dikumpulkan cukup memadai maka langkah selanjutnya adalah membuat desain model dengan menggunakan software AVL Boost. Pada tahap ini dilakukan rancangan model sesuai dengan model pada mesin CAT C32 ACERT. Model inilah yang nantinya dijadikan acuan dalam melakukan analisa *performance engine*.



Gambar 3.3. Pemodelan mesin CAT C32

I.4 Analisa model

Model yang telah disusun kemudian dianalisa untuk mengetahui rancangan model tersebut dapat dijalankan atau ada kesalahan dalam mendesain model tersebut.

I.5 Analisa performa mesin diesel

Analisa dilakukan pada beberapa parameter antara lain *power* motor diesel, *sfc* yang dibutuhkan, torsi yang dikeluarkan oleh motor. Apabila nantinya hasil analisa masih kurang memenuhi dari kriteria maka akan dilakukan analisa ulang dengan mempertimbangkan faktor-faktor penyebab *performance* tersebut tidak memenuhi kriteria.

I.6 Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang

telah dilakukan. Kesimpulan diambil mengenai unjuk kerja motor diesel dengan menggunakan Aplikasi *Wide Operating Speed Range*. Kesimpulan harus dibuat sebenar-benarnya mengenai obyek penelitian, agar dapat memberikan informasi yang sebenar-benarnya.

Halaman sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Tahapan yang pertama dilaksanakan adalah menentukan simulasi pemodelan yang tepat menggunakan software yang sesuai dengan analisa. Pada tahap pemodelan ini menggunakan software AVL Boost. Simulasi ini untuk menganalisa performa dari mesin dengan melakukan variasi waktu injeksi bahan bakar atau *injection timing*.

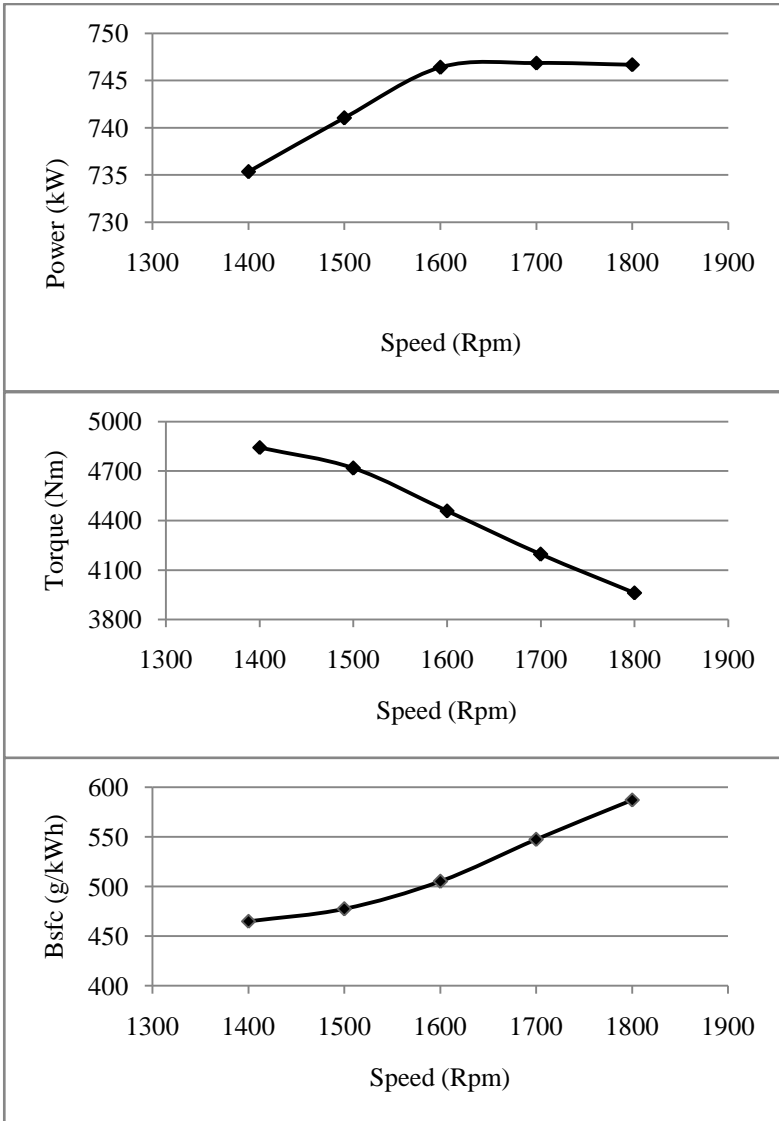
I.1 Analisa performa motor diesel

Sebenarnya, dalam melakukan modeling dengan menggunakan software AVL Boost harus dengan data yang akurat serta melakukan pengukuran langsung terhadap obyek yang diteliti agar data-data yang dihasilkan dari simulasi sesuai dengan kondisi obyek. Namun dalam pemodelan kali ini data yang didapatkan memiliki akurasi yang rendah serta sumber dari data hanya dari *spec sheet* motor serta beberapa dari motor pembanding.

Dalam hal ini akan dilakukan perubahan waktu dan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam motor diesel. Metode analisa yang digunakan adalah merubah waktu penginjeksian dan jumlah bahan bakar kedalam silinder pada putaran 1600-1800 rpm. Sesuai dengan konsep *Wide Operating Speed Range*, pada *range* putaran 1600-1800 rpm akan dihasilkan daya motor diesel yang sama.

Dalam menganalisa unjuk kerja motor diesel dibagi kedalam tiga kondisi yaitu pada putaran 1600 rpm, 1700 rpm serta 1800 rpm. Analisa dilakukan terhadap 3 faktor yaitu daya yang dikeluarkan oleh motor diesel, torsi yang dihasilkan oleh motor selain itu besarnya konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan oleh motor diesel.

I.1.1 Analisa unjuk kerja motor diesel



Gambar 4.1. Unjuk kerja motor diesel

Tabel 4.1. Performa motor diesel

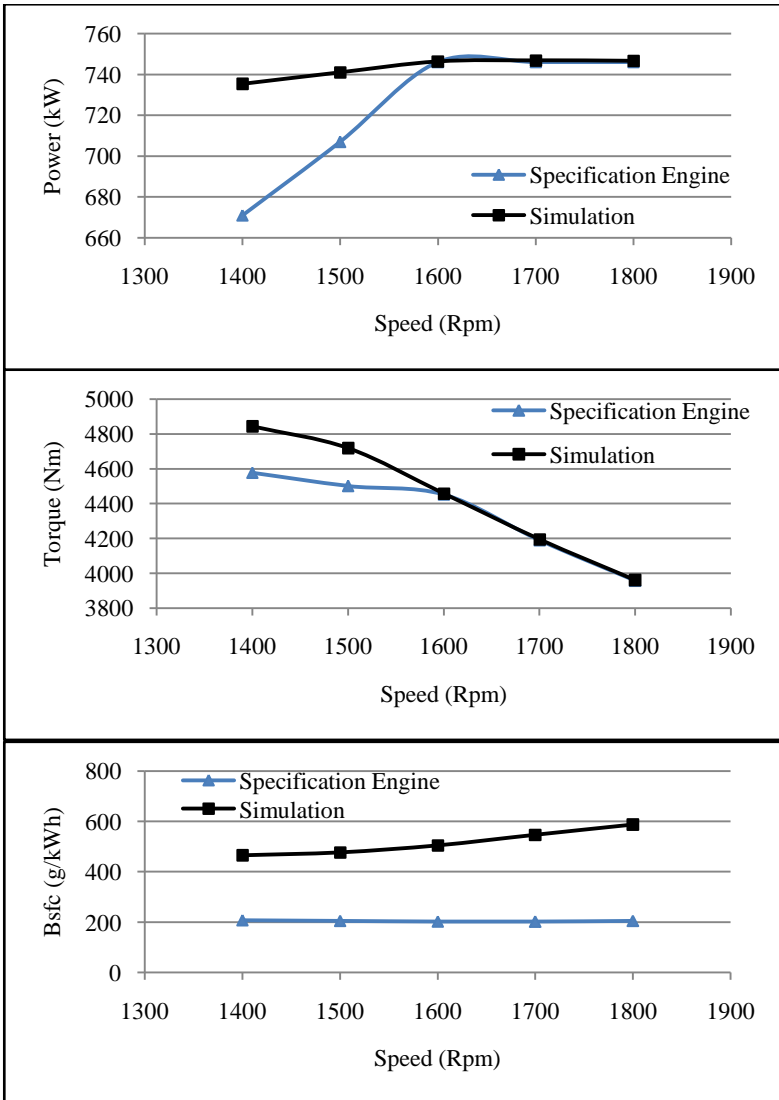
RPM	Injection (Degree)	Effective Power (kW)	Effective Torque (Nm)	BSFC (g/kWh)
1800	14	746.68	3961.25	587.0963
1700	15	746.85	4195.22	547.3883
1600	18	746.4	4458.23	505.0717

Pada Gambar 4.1. dan Tabel 4.1. menunjukkan hasil analisa unjuk kerja motor diesel yang disimulasikan dengan software AVL Boost. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pada putaran 1600 sampai dengan 1800 dihasilkan daya yang hampir sama namun torsi dan Bsfk dari motor diesel berbeda. Pada putaran 1600 dilakukan pengaturan injeksi bahan bakar 3 derajat lebih awal yaitu 14 derajat sebelum TMA dihasilkan daya sebesar 746,4 kW, torsi motor sebesar 4458,23 Nm serta konsumsi bahan bakar sebesar 505,0715 g/kWh. Di putaran 1700 rpm dilakukan pengaturan injeksi bahan bakar 15 derajat sebelum TMA dan menghasilkan daya sebesar 746,85 kW, dan torsi yang dihasilkan sebesar 4195,22 Nm serta Bsfk sebesar 547,3883 g/kWh. Serta pada putaran 1800 pengaturan injeksi bahan bakar diperlambat untuk menghasilkan daya yang hampir sama yaitu 18 derajat sebelum TMA sehingga daya yang dihasilkan adalah 746,68 kW, dan torsi motor yang dihasilkan 3961,25 Nm dan juga konsumsi bahan bakar yang diperlukan sebesar 587,0963 g/kWh.

Hasil simulasi menunjukkan dengan melakukan pengaturan injeksi bahan bakar dan jumlah bahan bakar maka akan berpengaruh terhadap unjuk kerja motor diesel. Dengan Hasil pemodelan tersebut memiliki selisih daya yang tidak besar yaitu $\pm 0,28$

kW. Hal tersebut sesuai dengan prinsip *Wide Operating Speed Range (WOSR)*.

I.1.2 Analisa perbandingan unjuk kerja motor diesel



Gambar 4.2. Perbandingan unjuk kerja motor diesel

Pada Gambar 4.2. menunjukkan perbandingan antara hasil analisa dengan software AVL Boost dan *spec sheet* motor diesel dari *engine maker*. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa pada putaran 1600-1800 rpm diperoleh daya yang hampir sama yaitu pada 1600 rpm dihasilkan daya sebesar 746,68 kW, torsi sebesar 4458,23 NM dan Bsfc sebesar 505,0717 g/kWh. Namun pada *spec sheet engine* dihasilkan daya sebesar 746 kW, torsi sebesar 4452 Nm dan Bsfc sebesar 202,7 g/kWh. Pada putaran 1700 rpm didapatkan daya sebesar 746,85 kW, torsi sebesar 4195,22 Nm dan Bsfc sebesar 547,3883 g/kWh. Di *spec sheet engine* pada 1700 rpm didapatkan daya sebesar 746 kW, torsi sebesar 4190 Nm dan konsumsi bahan bakar 202,3 g/kWh. Dan pada putaran 1800 rpm didapatkan daya sebesar 746,4 kW, torsi yang dihasilkan sebesar 3961,25 Nm dan konsumsi bahan bakar sebesar 587,0963 g/kWh sedangkan pada *spec sheet* dihasilkan daya sebesar 746 kW, torsi yang dihasilkan 3958 Nm dan Bsfc sebesar 204,9 g/kWh.

Perbandingan *specification engine* dengan simulasi diketahui pada putaran 1600 rpm terjadi perbedaan torsi sebesar 6,23 Nm dan Bsfc sebesar 345,0883 g/kWh namun daya yang dihasilkan hampir sama. pada 1700 rpm selisih torsi adalah 5,22 Nm dan Bsfc sebesar 345,0883 g/kWh tetapi daya yang dihasilkan dengan simulasi dan *spec sheet* hampir sama. sedangkan pada 1800 rpm didapatkan selisih torsi sebesar 3,25 Nm dan selisih konsumsi bahan bakar sebesar 382,1963 g/kWh tetapi selisih daya yang dihasilkan sangat kecil. Perbandingan tersebut menunjukkan dengan simulasi torsi yang dihasilkan lebih besar dari pada *spec sheet* namun Bsfc yang dihasilkan lebih besar. Kemungkinan perbedaan hasil tersebut dikarenakan ada perbedaan penginputan data antara simulasi dengan *specification engine* seperti

turbocharger, plenum intake, intercooler. Hal ini berdampak pada kurang ekonomisnya konsumsi bahan bakar (Bsfc).

Halaman sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

I.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. WOSR dapat dicapai dengan mengatur variable *injection timing* dan jumlah bahan bakar. Pada 1600 rpm injeksi bahan bakar diatur 14 derajat sebelum TMA. Putaran 1700 rpm terjadi perubahan injeksi bahan bakar yaitu 15 derajat sebelum TMA. Serta 1800 rpm injeksi bahan bakar 18 derajat sebelum TMA.
2. Dengan mengatur variable *injection timing* akan didapatkan daya yang hampir sama pada putaran yang berbeda. Hal tersebut terbukti pada 1600 rpm dihasilkan daya sebesar 746,4kW. Dan pada 1700 rpm daya yang dihasilkan sebesar 746,85kW. Serta 1800 rpm daya yang dihasilkan hampir sama yaitu 746,68 kW.

I.2 Saran

Setelah pengerjaan skripsi ini selesai, ada beberapa saran yang bisa penulis berikan guna penelitian kedepan lebih baik. Saran-saran yang dapat penulis berikan antara lain:

1. Perlu dilakukan simulasi dengan software yang lain. Hal tersebut untuk membuktikan performa motor menghasilkan data yang akurat dan sesuai dengan *spec sheet engine*.
2. Agar hasil lebih baik, sebaiknya geometri motor diesel atau data yang diinputkan memiliki akurasi yang tinggi untuk menghasilkan data yang akurat.
3. Dalam simulasi didapatkan Bsfc yang kurang ekonomis. Kemungkinan disebabkan oleh kurang tepatnya pemilihan *turbocharger* dan *air cooler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Caterpillar. 2013. *Engine Guide C32 ACERT Marine Diesel Engine*.
- Henderson, C. 2014. *Dramatic Increase In Fuel Prices*.
- Hermawan, H. 2011. *The Benefit of "WOSR" in C32 ACERT Marine Propulsion*. PT. Trakindo Utama Jakart
- Hutabarat, R.C. 2006. *Parameter Penentu Prestasi Motor Diesel Pada Engine Side*.
- Imare. 2001. *Two-Stroke, slow speed marine diesel engines*.
- Marowicki, R.O. 2012. *Sustainability For The Food Sciences*. India : Pondicherry.
- Training Center PT. Trakindo Utama. 2003. *Fundamental Of Engine System*. Cileungsi: Training Center PT. Trakindo
- Pertamina. 2015. *Price List Pertamina Fuel Economic*.

Halaman sengaja dikosongkan

AVL - B O O S T

Version : v2013.1.0.0.0

Build: Jul 26 2013 14:26:19

System: x86_64-unknown-winnt_i11

LICENSE

Boost Main 2013.0@ License will expire in 174 days

Boost Charging 2013.0@ License will expire in 174 days

PROJECT

Preprocessor Version : 2013.1

Calculation date : 10.07.2015

File : 1600.bst

Case Set : Case Set

Case : Case

Project ID: ""

Run ID: ""

Model date: "26. Mar 2015 15:41:47"

ELEMENTS

ELEMENT NAME	NUMBER
PIPE	47
SYSTEMBOUNDARY	4
PLENUM	3
CYLINDER	12
RESTRICTION	12
MEASURINGPOINT	37
AIRCOOLER	1
AIRCLEANER	2
TURBOCHARGER	2
ENGINE	1
PIPE_END	100
ASSEMBLED	3
ALL_PIPES	50
ALL_PLENUMS	9
ALL_BOUNDARIES	4
ALL_CHARGERS	2
RESTRICTIONS	12

ALL_PIDS 1
PIPE_VAR_WALL_TEMP 50

GLOBAL DATA

Engine Speed : 1600 rpm
Calculation mode : Boost single
Cycle Duration : 720 degrees
Max. calc. period : 3200 degrees
Cycles calculated : 60 cycle
Calc. time steps : 0.53397 degrees (max)
0.23501 degrees
0.02448 ms
0.23488 degrees (short pipe)
0.02447 ms (short pipe)

Traces results step: 3.00000 degrees

User concentrations: 0

Ref. pressure: 100000.00 Pa

Ref. temperature: 298.000 K

Gas properties: Variable

Gasproperties File: DIESEL.BGP

bgp_build_version: v2013.0.0.0.0

bgp_build_host: boosthost
 bgp_build_user: boost
 bgp_build_date: 2012.03.23
 bgp_build_time: 08:00:00

Lower calorific: 0.42800E+08 J/kg

Stoic. A/F-ratio: 14.700

PIPES

Pipe nbr	Cells	Cell Size (mm)	W. Heat [kJ]	Wall T [K]	Fric. Coeff	Lam.Fr	Heat Factor	Volume [dm ³]
1	6	30	0	298	0.1368	64	0	12.723
2	5	30.4	0	298	0.019	64	0	4.9746
3	230	30.1	0	298	0.2304	64	0	851.3
4	72	30	0	298	0.2376	64	0	219.86
5	15	30	-0.22	400	0.252	64	0	3.189
6	15	30	-0.199	400	0.252	64	1	3.189
7	13	30.8	-1.523	298	0.035	64	1	3.141
8	15	30	0.222	400	0.252	64	1	3.189
9	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189
10	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141

11	15	30	-0.221	400	0.252	64	1	3.189
12	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189
13	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
14	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
15	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189
16	13	30.8	-1.525	298	0.035	64	1	3.141
17	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
18	15	30	-0.12	400	0.252	64	1	3.189
19	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
20	15	30	-0.221	400	0.252	64	1	3.189
21	15	30	-0.118	400	0.252	64	1	3.189
22	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
23	1	50	-0.685	298	0.019	64	1	0.1924
24	15	30	-0.536	298	0.019	64	1	88.35
25	16	30	0	298	0.1368	64	0	12.72
26	47	30.2	0	298	0.1368	64	0	370.01
27	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
28	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189
29	13	30.8	-1.523	298	0.035	64	1	3.141
30	15	30	-0.221	400	0.252	64	1	3.189
31	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189

32	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
33	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
34	15	30	-0.12	400	0.252	64	1	3.189
35	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
36	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
37	15	30	-0.119	400	0.252	64	1	3.189
38	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
39	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
40	15	30	-0.12	400	0.252	64	1	3.189
41	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
42	15	30	-0.222	400	0.252	64	1	3.189
43	15	30	-0.118	400	0.252	64	1	3.189
44	13	30.8	-1.524	298	0.035	64	1	3.141
45	230	30.1	0	298	0.203	64	0	851.302
46	1	50	-0.685	298	0.019	64	1	0.192
47	15	30	-0.536	298	0.019	64	1	88.35
48	30	30	-25.102	298	1.175	743784	5.856	7.52
49	13	30.8	0	300	4.379	2016406	0	7.48
50	13	30.8	0	300	4.231	1948279	0	7.48

SYSTEMBOUNDARIES

TYPE	Number	Pipe Numb	Mass flow [g/cycle]
SYSTEMBOUNDARY	1	25	102.8294
SYSTEMBOUNDARY	2	1	101.7484
SYSTEMBOUNDARY	3	47	89.1725
SYSTEMBOUNDARY	4	24	89.1708

PLENUMS: Average Values

	Number	Pressure [bar]	Temp [K]	Mass [g]	W.Heat [kJ]
Plenum	1	7.5021	506.23	170.341	0
		Attached pipe 4:		173.4531 g/cycle	
		Attached pipe 5:		14.4049 g/cycle	
		Attached pipe 8:		14.3651 g/cycle	
		Attached pipe 11:		14.4318 g/cycle	
		Attached pipe 14:		14.4935 g/cycle	
		Attached pipe 17:		14.4871 g/cycle	
		Attached pipe 20:		14.4313 g/cycle	
		Attached pipe 27:		14.3846 g/cycle	
		Attached pipe 30:		14.3561 g/cycle	

		Attached pipe 33:	14.4672 g/cycle		
		Attached pipe 36:	14.4775 g/cycle		
		Attached pipe 39:	14.4505 g/cycle		
		Attached pipe 42:	14.4793 g/cycle		
Plenum	2	3.6251	1347.3	8.382	0
		Attached pipe 10:	14.8760 g/cycle		
		Attached pipe 16:	14.8904 g/cycle		
		Attached pipe 22:	14.8684 g/cycle		
		Attached pipe 23:	89.1750 g/cycle		
		Attached pipe 7:	14.8499 g/cycle		
		Attached pipe 13:	14.8617 g/cycle		
		Attached pipe 19:	14.8575 g/cycle		
Plenum	3	3.6251	1347.3	8.382	0
		Attached pipe 44:	14.8664 g/cycle		
		Attached pipe 38:	14.8762 g/cycle		
		Attached pipe 32:	14.8806 g/cycle		
		Attached pipe 29:	14.8511 g/cycle		
		Attached pipe 35:	14.8583 g/cycle		
		Attached pipe 41:	14.8538 g/cycle		
		Attached pipe 46:	89.1738 g/cycle		
Aircooler	1	8.4231	652.41	67.634	0

		Attached pipe 3:	85.1217 g/cycle		
		Attached pipe 45:	91.6706 g/cycle		
		Attached pipe 48:	176.5313 g/cycle		
Aircooler	1	7.5035	516.28	76.136	0
		Attached pipe 4:	176.1600 g/cycle		
		Attached pipe 48:	176.4195 g/cycle		
Air Cleaner	1	0.9981	298	34.857	0
		Attached pipe 25:	102.8310 g/cycle		
		Attached pipe 49:	102.8358 g/cycle		
Air Cleaner	1	0.6267	287.84	19.159	0
		Attached pipe 26:	103.3305 g/cycle		
		Attached pipe 49:	102.8986 g/cycle		
Air Cleaner	2	0.9981	298	34.857	0
		Attached pipe 1:	101.7496 g/cycle		
		Attached pipe 50:	101.7547 g/cycle		
Air Cleaner	2	0.6526	297.83	19.952	0
		Attached pipe 2:	102.1233 g/cycle		
		Attached pipe 50:	101.7965 g/cycle		

PLENUMS

Attachments

Type	Nr.	Pipe Nr.	Mass flow [g/cycle]
PLENUM	1	4	173.4531
PLENUM	1	5	14.4049
PLENUM	1	8	14.3651
PLENUM	1	11	14.4318
PLENUM	1	14	14.4935
PLENUM	1	17	14.4871
PLENUM	1	20	14.4313
PLENUM	1	27	14.3846
PLENUM	1	30	14.3561
PLENUM	1	33	14.4672
PLENUM	1	36	14.4775
PLENUM	1	39	14.4505
PLENUM	1	42	14.4793
PLENUM	2	10	14.8760
PLENUM	2	16	14.8904
PLENUM	2	22	14.8684

PLENUM	2	23	89.1750
PLENUM	2	7	14.8499
PLENUM	2	13	14.8617
PLENUM	2	19	14.8575
PLENUM	3	44	14.8664
PLENUM	3	38	14.8762
PLENUM	3	32	14.8806
PLENUM	3	29	14.8511
PLENUM	3	35	14.8583
PLENUM	3	41	14.8538
PLENUM	3	46	89.1738
AIRCOOLER	1	3	85.1217
AIRCOOLER	1	45	91.6706
AIRCOOLER	1	48	176.5313
AIRCOOLER	1	4	176.1600
AIRCOOLER	1	48	176.4195
AIRCLEANER	1	25	102.8310
AIRCLEANER	1	49	102.8358
AIRCLEANER	1	26	103.3305
AIRCLEANER	1	49	102.8986
AIRCLEANER	2	1	101.7496

AIRCLEANER	2	50	101.7547
AIRCLEANER	2	2	102.1233
AIRCLEANER	2	50	101.7965

TURBOCHARGERS: Average Values

TCh. nr.	Compressor			Turbine			Efficiencies			Calculation	
	Work [kJ]	Press.rat. [-]	Boostpres. [bar]	Work [kJ]	Press.rat. [-]	Dis.coeff. [-]	Turb./tot. [-]	VTG-pos [-]	Comp. [-]	mech. [-]	Total [-]
1	43.4303	13.4414	8.4258	44.4635	75.2299	0.7600	0.7500	1.000	0.760	0.655	0.488
	Attached pipe 26: 106.8537 g/cycle										
	Attached pipe 45: 106.8534 g/cycle										
	Attached pipe 47: 89.1733 g/cycle										
	Attached pipe 46: 89.1737 g/cycle										

TCh. nr.	Compressor			Turbine			Efficiencies			Calculation	
	Work [kJ]	Press.rat. [-]	Boostpres. [bar]	Work [kJ]	Press.rat. [-]	Dis.coeff. [-]	Turb./tot. [-]	VTG-pos [-]	Comp. [-]	mech. [-]	Total [-]
1	43.4303	13.4414	8.4258	44.4635	75.2299	0.7600	0.7500	1.000	0.760	0.655	0.488
	Attached pipe 2: 102.1831 g/cycle										
	Attached pipe 3: 102.1841 g/cycle										
	Attached pipe 24: 89.1743 g/cycle										

Attached pipe 23: 89.1747 g/cycle

CYLINDERS: Average Values

Total		Cyl. 1	Cyl. 2	Cyl. 3	Cyl. 4	Cyl. 5	Cyl. 6
Engine							
Firing TDC [deg]		0.00	660.00	480.00	420.00	240.00	180.00
Stroke [mm]		162.00	162.00	162.00	162.00	162.00	162.00
Conrodl. [mm]		274.91	274.91	274.91	274.91	274.91	274.91
Piston pin offset [mm]		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Swept Vol. [l]	54.2511	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
Compression ratio [-]		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Dyn. Comp. ratio [-]		14.75	14.75	14.75	14.75	14.75	14.75

Engine	Cyl. 7	Cyl. 8	Cyl. 9	Cyl. 10	Cyl. 11	Cyl. 12
Firing TDC [deg]	600.00	540.00	120.00	60.00	360.00	300.00
Bore [mm]	188.50	188.50	188.50	188.50	188.50	188.50
Stroke [mm]	162.00	162.00	162.00	162.00	162.00	162.00
Conrodl. [mm]	274.91	274.91	274.91	274.91	274.91	274.91
Piston pin offset [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Swept Vol. [l]	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52	4.52
Compression ratio [-]	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Dyn. Comp. ratio [-]	14.75	14.75	14.75	14.75	14.75	14.75

Combustion Data:

Combustion Char.	Vibe	Vibe	Vibe	Vibe	Vibe
Comb.start [deg]	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5
Comb.dur.1 [deg]	86	86	86	86	86
Vibe Parameter a [-]	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
Vibe Param. m 1 [-]	1	1	1	1	1
Peak Fir.Pres. [bar]	291.86	291.73	292.08	292.12	291.65
at Crankangle [deg]	1.72	0	1.88	1.88	1.88
Peak [bar/deg]	8.16	8.18	8.17	8.16	8.15
at Crankangle [deg]	-14.31	-14.31	-14.32	-14.32	-14.32
Peak Fir. Temp. [K]	2000.8	2000.9	2000.63	2000.49	2000.96
at Crankangle [deg]	36.42	36.42	36.42	36.42	36.42
Res. Gas. [bar]	88.43	88.42	88.34	88.33	88.5
at Crankangle [deg]	359.49	359.49	359.49	359.49	359.49

Combustion Char.	Vibe	Vibe	Vibe	Vibe	Vibe
------------------	------	------	------	------	------

Comb.start [deg]	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5
Comb.dur.1 [deg]	86	86	86	86	86
Vibe Parameter a [-]	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
Vibe Param. m 1 [-]	1	1	1	1	1
Peak Fir.Pres. [bar]	292.1	291.46	291.26	291.85	291.73
at Crankangle [deg]	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
Peak [bar/deg]	8.16	8.15	8.14	8.16	8.15
at Crankangle [deg]	-14.31	-14.31	-14.31	-14.32	-14.32
Peak Fir. Temp. [K]	2000.89	2000.88	2000.02	2000.89	2000.95
at Crankangle [deg]	36.42	36.42	36.42	36.42	36.42
Res. Gas. [bar]	88.38	88.36	88.47	88.44	88.52
at Crankangle [deg]	359.49	359.49	359.49	359.49	359.49

Performance:

IMEP [bar]	13.5267	13.3457	13.5125	13.5475	13.5355	13.5622
Rel. to Ave. [-]	0.9866	0.9989	1.0015	1.0007	1.0026	1.0036
IMEP Exh. [bar]	-12.71	-12.7	-12.7	-12.7	-12.7	-12.72
IMEP Int. [bar]	13.05	13.06	13.06	13.04	13.04	13.06
IMEP Gasex. [bar]	0.34	0.35	0.35	0.34	0.33	0.34
IMEP HP [bar]	13.18	12.99	13.15	13.19	13.19	13.21

FMEP [bar]	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
BMEP [bar]	10.32	10.14	10.31	10.34	10.33	10.36
AMEP;SMEP [bar]	0	0	0	0	0	0
ISFC [g/kWh]	385.58	390.81	385.99	384.99	385.33	384.58
Rel. to Ave. [-]	1.01	1	0.99	0.99	0.99	0.99
ISFC (tr.f.) [g/kWh]	385.58	390.81	385.99	384.99	385.33	384.58
BSFC [g/kWh]	505.07	514.08	505.76	504.05	504.64	503.34
Indicated Eff. [-]	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Iso vol. comb. Eff [-]	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Polytropic Coeff. [-]	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31

IMEP [bar]	13.5377	13.5465	13.5664	13.523	13.5224	13.5454
Rel. to Ave. [-]	1.0008	1.0015	1.0029	0.9997	0.9997	1.0014
IMEP Exh. [bar]	-12.71	-12.7	-12.7	-12.7	-12.7	-12.72
IMEP Int. [bar]	13.05	13.05	13.07	13.06	13.04	13.05
IMEP Gasex. [bar]	0.35	0.35	0.35	0.35	0.31	0.33
IMEP HP [bar]	13.18	13.19	13.21	13.16	13.2	13.21
FMEP [bar]	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
BMEP [bar]	10.33	10.34	10.36	10.32	10.32	10.34
AMEP;SMEP [bar]	0	0	0	0	0	0
ISFC [g/kWh]	385.27	390.02	385.46	384.69	385.71	384.05

Rel. to Ave. [-]	0.99	0.99	0.99	1	1	0.99
ISFC (tr.f.) [g/kWh]	385.18	390.27	385.46	384.46	385.71	384.05
BSFC [g/kWh]	504.53	504.106	503.14	505.256	505.28	504.16
Indicated Eff. [-]	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Iso vol. comb. Eff [-]	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Polytropic Coeff. [-]	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31

Fuel Mass Balance:

Inj. Fuelmass [g]	7.86	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Asp.Trap. Fuelmass [g]	0	0	0	0	0	0	0
Fuelmassfl.(A+I) [g/s]	104.8	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73
Fuelmass tot.trap. [g]	7.86	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Trapped Fuelm.fl.[g/s]	104.8	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73
Trapp. Eff. Fuel [-]	1	1	1	1	1	1	1
Inj. Fuelmass [g]	7.86	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Asp.Trap. Fuelmass [g]	0	0	0	0	0	0	0
Fuelmassfl.(A+I) [g/s]	104.8	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73
Fuelmass tot.trap. [g]	7.86	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655
Trapped Fuelm.fl.[g/s]	104.8	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73	8.73
Trapp. Eff. Fuel [-]	1	1	1	1	1	1	1

Energy Balance Cylinder:

Fuel Energy [kJ]	336.41	28.03	28.03	28.034	28.03	28.034	28.03
Released Energy [kJ]	336.07	28	28	28	28	28	28
-> Brake Power [%]	16.67	16.37	16.64	16.7	16.68	16.72	16.75
-> Loss: Friction [%]	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16
-> Loss: Piston [%]	5.76	5.76	5.77	5.76	5.76	5.76	5.75
-> Loss: Head [%]	6.39	6.4	6.4	6.4	6.4	6.39	6.39
-> Loss: Liner [%]	2.91	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
-> Loss: Int. Port [%]	0.08	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9
-> Loss: Exh. Port [%]	0	0	0	0	0	0	0
-> Loss: Exh. Gas [%]	62.13	62.03	62.06	62.2	62.2	62.11	62.03
Eff. Rel. Energy [kJ]	336.07	28	28	28	28	28	28
Gross Rel. Energy [kJ]	330.37	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53
Eff. Gross Rel. Ener. [kJ]	330.37	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53
Energy Balance [-]	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Eff. Energy Balance [-]	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

Fuel Energy [kJ]	336.41	28.03	28.03	28.03	28.03	28.03	28.03
Released Energy [kJ]	336.07	28	28	28	28	28	28
-> Brake Power [%]	16.67	16.68	16.7	16.73	16.66	16.66	16.7

-> Loss: Friction [%]	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16
-> Loss: Piston [%]	5.76	5.77	5.77	5.75	5.75	5.76	5.76
-> Loss: Head [%]	6.39	6.4	6.4	6.39	6.38	6.39	6.39
-> Loss: Liner [%]	2.91	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
-> Loss: Int. Port [%]	0.08	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9	-1.9
-> Loss: Exh. Port [%]	0	0	0	0	0	0	0
-> Loss: Exh. Gas [%]	62.13	62.2	62.19	62	62.05	62.2	62.2
Eff. Rel. Energy [kJ]	336.07	28	28	28	28	28	28
Gross Rel. Energy [kJ]	330.37	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53
Eff.Gross Rel.Ener.[kJ]	330.37	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53	27.53
Energy Balance [-]	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Eff. Energy Balance [-]	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98

Blowby:

Blowbymass [g]	-1.64	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13
Blowbymassfl. [g/s]	-21.92	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82
Blowby Heat Flow [kJ]	-2.43	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2

Blowbymass [g]	-1.64	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13
Blowbymassfl. [g/s]	-21.92	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82	-1.82

Residual Gas:

Res.gas content [-]	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Com.Prod.Mass. at EO	237.27	19.75	19.74	19.78	19.79	19.76	19.76
Res.gas mass at SHP [g]	61.36	5.12	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11
Res.gas aspirated IN [g]	-0.019	-0.0003	-0.0017	-0.003	-0.00053	0.000003	-0.0014
Res.gas from intake [g]	0.44	0.075	0.074	0	0	0	0
Rel. to Total [-]	0.0073	0.0148	0.0146	0	0	0	0
Res.gas flow EX [g]	178.18	14.83	14.83	14.86	14.86	14.84	14.83
Res.gas from exhaust [g]	6.14	0	0	1.02	1.02	1.024	1.02
Rel. to Total [-]	0.1	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2

Res.gas content [-]	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Com.Prod.Mass. at EO	237.27	19.8	19.78	19.76	19.75	19.77	19.77
Res.gas mass at SHP [g]	61.36	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11
Res.gas aspirated IN [g]	-0.019	-0.0012	-0.0016	-0.0012	-0.004	-0.0014	-0.0024
Res.gas from intake [g]	0.44	0.075	0.075	0.073	0.071	0	0
Rel. to Total [-]	0.0073	0.0148	0.0147	0.0144	0.0139	0	0
Res.gas flow EX [g]	178.18	14.87	14.85	14.84	14.83	14.85	14.84
Res.gas from exhaust [g]	6.14	0	0	0	0	1.024	1.024
Rel. to Total [-]	0.1	0	0	0	0	0.2	0.2

Gas Exchange:

Volumetric Eff. [-]	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.71	2.71
Rel. to Ave. [-]		1.0026	1.0012	1.0005	1.0007	0.9991	0.9986
Rel. To MP 4 [-]	0.628	0.6296	0.6287	0.6283	0.6284	0.6274	0.6271
Total Mass at SHP[g]	233.92	19.53	19.51	19.5	19.5	19.47	19.47
Mass Delivered [g]	172.76	14.41	14.39	14.384	14.38	14.41	14.42
Mass Delivered [g/s]	2303.53	192.23	191.94	191.79	191.85	192.22	192.31
Delivery Ratio [-]	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
Rel. to Ave. [-]		1	0.99	0.99	0.99	1	1
Rel. To MP 4 [-]	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Av.Airmass at SHP[g]	191.57	16	15.98	15.97	15.97	15.94	15.94
Air Delivered [g]	172.78	14.41	14.39	14.38	14.38	14.41	14.42
Air Delivered [g/s]	2303.79	192.23	191.96	191.83	191.86	192.22	192.33
Airdeliveryratio [-]	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
Rel. to Ave. [-]		1	0.99	0.99	0.99	1	1
Rel. To MP 4 [-]	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.63
Airmass Trapped [g]	172.55	14.41	14.39	14.38	14.38	14.36	14.35
Airmass Trapped [g/s]	2300.79	192.23	191.96	191.83	191.85	191.56	191.46
Trapp. Eff. Air [-]	0.99	1	1	1	1	0.99	0.99
Rel. to Ave. [-]		1	1	1	1	0.99	0.99

Airpurity [-]	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Dyn. Swirl [-]	2.15	2.16	2.16	2.16	2.16	2.15	2.15
Dyn. Tumble [-]		0	0	0	0	0	0

Volumetric Eff. [-]		2.72	2.72	2.71	2.71	2.72	2.71
Rel. to Ave. [-]		1.0015	1.0002	0.9987	0.9979	0.9996	0.999
Rel. To MP 4 [-]		0.6289	0.6281	0.6272	0.6267	0.6277	0.6276
Total Mass at SHP[g]		19.51	19.49	19.47	19.46	19.48	19.48
Mass Delivered [g]		14.4	14.38	14.41	14.4	14.37	14.36
Mass Delivered [g/s]		192	191.75	192.15	192.048	191.63	191.58
Delivery Ratio [-]		2.72	2.72	2.72	2.72	2.71	2.71
Rel. to Ave. [-]		1	0.99	1	1	0.99	0.99
Rel. To MP 4 [-]		0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Av.Airmass at SHP[g]		15.98	15.96	15.94	15.93	15.95	15.95
Air Delivered [g]		14.4	14.38	14.41	14.4	14.37	14.37
Air Delivered [g/s]		192.02	191.77	192.16	192.1	191.65	191.61
Airdeliveryratio [-]		2.72	2.72	2.72	2.72	2.72	2.71
Rel. to Ave. [-]		1	0.99	1	1	0.99	0.99
Rel. To MP 4 [-]		0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Airmass Trapped [g]		14.4	14.38	14.36	14.35	14.37	14.37
Airmass Trapped [g/s]		192.01	191.76	191.49	191.33	191.64	191.61

Trapp. Eff. Air [-]		1	1	0.99	0.99	1	1
Rel. to Ave. [-]		1	1	0.99	0.99	1	1
Airpurity [-]		0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Dyn. Swirl [-]		2.16	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Dyn. Tumble [-]		0	0	0	0	0	0

Wall Heatlosses:

Piston [kJ]		-19.37	-1.61	-1.61	-1.61	-1.61	-1.61
Cylinderhead [kJ]		-21.5	-1.79	-1.79	-1.79	-1.79	-1.79
Cylinderliner [kJ]		-9.8	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81
Sum of Wallheat [kJ]		-50.67	-4.22	-4.23	-4.22	-4.22	-4.21

Piston [kJ]		-1.61	-1.61	-1.61	-1.61	-1.61	-1.61
Cylinderhead [kJ]		-1.79	-1.79	-1.78	-1.78	-1.79	-1.79
Cylinderliner [kJ]		-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81
Sum of Wallheat [kJ]		-4.22	-4.22	-4.21	-4.21	-4.22	-4.22

Wall Heatlosses in High Pressure Phase:

Piston HP [kJ]		-22.95	-1.91	-1.91	-1.91	-1.91	-1.91
Cylinderhead HP [kJ]		-22.66	-1.88	-1.89	-1.88	-1.88	-1.88

Cylinderliner HP [kJ]	-5.62	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46
Sum of Wallheat HP [kJ]	-51.23	-4.27	-4.27	-4.27	-4.27	-4.26	-4.26

Piston HP [kJ]		-1.91	-1.91	-1.9	-1.9	-1.91	-1.91
Cylinderhead HP [kJ]		-1.89	-1.89	-1.88	-1.88	-1.88	-1.88
Cylinderliner HP [kJ]		-0.46	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46	-0.46
Sum of Wallheat HP [kJ]		-4.27	-4.27	-4.26	-4.26	-4.26	-4.26

Wall Heatlosses Related to Heatinput:

Piston [-]	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057
Cylinderhead [-]	-0.063	-0.063	-0.064	-0.063	-0.063	-0.063	-0.063
Cylinderliner [-]	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029
Sum of Wallheat [-]	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
M. Eff. HTC [W/m ² /K]	1111.43	1111.82	1111.93	1111.52	1111.56	1111.14	1111.08
M. Eff. Temp. [K]	1453.54	1453.56	1453.94	1453.6	1453.56	1453.45	1453.29

Piston [-]		-0.057	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057	-0.057
Cylinderhead [-]		-0.064	-0.064	-0.063	-0.063	-0.063	-0.063
Cylinderliner [-]		-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029	-0.029
Sum of Wallheat [-]		-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
M. Eff. HTC [W/m ² /K]		1112.03	1111.48	1111.23	1111.07	1111.22	1111.13

M. Eff. Temp. [K]		1453.82	1453.82	1453.17	1453.09	1453.62	1453.57
-------------------	--	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Reference Values at EO:

Pressure [bar]	59.06	59	58.99	59.1	59.1	59.05	59.03
Temperature [K]	1841.4	1841.69	1841.63	1841.06	1840.91	1841.56	1841.7
A/F-Ratio [-]	21.82	21.8	21.79	21.85	21.85	21.82	21.81
Com.Prod.Conc. [-]	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Fuel Concentr. [-]	0	0	0	0	0	0	0

Pressure [bar]		59.14	59.1	59.03	59.01	59.07	59.06
Temperature [K]		1840.67	1841.32	1841.56	1841.76	1841.41	1841.51
A/F-Ratio [-]		21.86	21.84	21.81	21.8	21.83	21.82
Com.Prod.Conc. [-]		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Fuel Concentr. [-]		0	0	0	0	0	0

Average Values of Pipeattachements:

Attached Pipe	6	28	9	31	12	34
Vlv/Prt.Op.Clr.0mm[deg]	420	420	420	420	420	420
Vlv/Prt.Op.Eff.0mm[deg]	421.89	421.89	421.89	421.89	421.89	421.89

Vlv/Prt.Op.Eff.1mm[deg]	430.61	430.61	430.61	430.61	430.61	430.61
Vlv/Prt.Op.Udef.mm[deg]	421.89	421.89	421.89	421.89	421.89	421.89
Vlv/Prt.Cl.Clr.0mm[deg]	560	560	560	560	560	560
Vlv/Prt.Cl.Eff.0mm[deg]	558.11	558.11	558.11	558.11	558.11	558.11
Vlv/Prt.Cl.Eff.1mm[deg]	549.39	549.39	549.39	549.39	549.39	549.39
Vlv/Prt.Cl.Udef.mm[deg]	558.11	558.11	558.11	558.11	558.11	558.11
Cam Phasing [deg]	0	0	0	0	0	0
Massflow [g/cycle]	14.41	14.39	14.38	14.38	14.41	14.42
Wallheat [kJ/cycle]	-0.023	-0.023	-0.023	-0.023	-0.023	-0.023
rel.to Heatinp.[-]	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008
Swirl Entry [-]	2.89	2.88	2.88	2.88	2.88	2.89
Attached Pipe	7	29	10	32	13	35
Vlv/Prt.Op.Clr.0mm[deg]	60	60	60	60	60	60
Vlv/Prt.Op.Eff.0mm[deg]	62.14	62.14	62.14	62.14	62.14	62.14
Vlv/Prt.Op.Eff.1mm[deg]	71.82	71.82	71.82	71.82	71.82	71.82
Vlv/Prt.Op.Udef.mm[deg]	62.14	62.14	62.14	62.14	62.14	62.14
Vlv/Prt.Cl.Clr.0mm[deg]	200	200	200	200	200	200
Vlv/Prt.Cl.Eff.0mm[deg]	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86
Vlv/Prt.Cl.Eff.1mm[deg]	188.18	188.18	188.18	188.18	188.18	188.18
Vlv/Prt.Cl.Udef.mm[deg]	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86
Cam Phasing [deg]	0	0	0	0	0	0

Vlv/Prt.Op.Eff.1mm[deg]	71.82	71.82	71.82	71.82	71.82	71.82
Vlv/Prt.Op.Udef.mm[deg]	62.13	62.14	62.14	62.14	62.14	62.14
Vlv/Prt.Cl.Clr.0mm[deg]	200	200	200	200	200	200
Vlv/Prt.Cl.Eff.0mm[deg]	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86
Vlv/Prt.Cl.Eff.1mm[deg]	188.18	188.18	188.18	188.18	188.18	188.18
Vlv/Prt.Cl.Udef.mm[deg]	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86	197.86
Cam Phasing [deg]	0	0	0	0	0	0
Massflow [g/cycle]	14.9	14.88	14.86	14.85	14.87	14.87
Wallheat [kJ/cycle]	0	0	0	0	0	0
rel.to Heatingp.[-]	0	0	0	0	0	0
Swirl Entry [-]	0	0	0	0	0	0

FLOWRESTRICTIONS: Average Values

Flr.	Att.Pi.	Massflow	Att.Pi.	Massflow
nr.	number	[g/cycle]	number	[g/cycle]
1	5	14.4038	6	14.4041
2	8	14.3818	9	14.3819
3	11	14.4332	12	14.4337
4	14	14.4431	15	14.4436
5	17	14.4583	18	14.4586

6	20	14.3969	21	14.3964
7	27	14.3823	28	14.3824
8	30	14.3506	31	14.3502
9	33	14.4515	34	14.4513
10	36	14.4492	37	14.4493
11	39	14.4229	40	14.4227
12	42	14.4497	43	14.4496

ASSEMBLED: Average Values

Type	Number	INLET			OUTLET		
		Pressure	Temperat	Mass	Pressure	Temperat	Mass
		[bar]	[K]	[g]	[bar]	[K]	[g]
AIRCOOLER	1	8.4231	652.41	67.634	7.5035	516.28	76.136
AIRCLEANER	1	0.9981	298	34.85	0.62	297.84	19.15
AIRCLEANER	2	0.9981	298	34.85	0.65	297.83	19.952

Type	Number	CORE			
		Rej.Heat	Rej.Heat	Fric.coef	Heat Factor
		[kJ]	[kW]	[-]	[-]

AIRCOOLER	1	-25.1018	-334.6903	1.175	5.85
AIRCLEANER	1	0	0	4.37	0
AIRCLEANER	2	0	0	4.23	0

Type	Number	Pipe	Mass flow
		Nr	[g/cycle]
AIRCOOLER	1	3	85.1217
AIRCOOLER	1	4	176.16
AIRCOOLER	1	45	91.67
AIRCLEANER	1	25	102.83
AIRCLEANER	1	26	103.33
AIRCLEANER	2	1	101.74
AIRCLEANER	2	2	102.12

OVERALL ENGINE PERFORMANCE:

=====

Indicated Torque	: 5839.72 Nm	Indicated Specific Torque	: 107.64 Nm/l
Indicated Power	: 978.45 kW	Indicated Specific Power	: 18.04 kW/l
Friction Torque	: 1381.49 Nm	Friction Power	: 231.47 kW
Effective Torque	: 4458.23 Nm	Effective Specific Torque	: 82.18 Nm/l
Effective Power	: 746.98 kW	Effective Specific Power	: 13.77 kW/l

Required time for reading the inputfile and initialisation:	0.00 min
Required time for the calculation:	6.15 min
Required time for writing the outputfile:	0.00 min
Required total time:	6.15 min
Required total CPU-time:	368.69 sec

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Tuban tanggal 18 Agustus 1993 dan merupakan anak ke empat dari empat bersaudara. Karir pendidikan formal penulis diawali pada SDN 01 Wanglu Wetan lulus pada tahun 2005. Kemudian melanjutkan ke sekolah lanjutan SMPN 1 Senori dan lulus pada tahun 2008. Tahun 2008 penulis masuk ke SMAN 4 Bojonegoro. Penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS melalui jalur undangan pada tahun 2011 dan tercatat dengan NRP 4111 100 023. Selama menuntut ilmu di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengambil studi *Marine Power Plan* (MPP). Dalam mengerjakan skripsi penulis mengambil *study case* PT.Trakindo Utama dan untuk mendukung tugas akhir penulis melakukan kerja praktek di PT.Trakindo Utama Training Center – Cileungsi. Skripsi dapat diselesaikan dengan bantuan LIPI Bandung yang telah memberikan akses penggunaan laboratorium untuk melakukan simulasi.