

SKRIPSI
KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL
BERBAHAN BAKAR PERTAMINA DEX
MENGGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI



POLTAK INDRA P.S

03111605037

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2016

S
621.042 07
Sia
k
2016

28894/36474

SKRIPSI

KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL BERBAHAN BAKAR PERTAMINA DEX MENGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI



POLTAK INDRA P.S

03111005037

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2016

SKRIPSI
KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL
BERBAHAN BAKAR PERTAMINA DEX
MENGGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



POLTAK INDRA P.S
03111005037

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

AGENDA : 017/TM/AK/2016
DITERIMA TGL : 30/3-2016
PARAF : *Vaf*

SKRIPSI

NAMA : POLTAK INDRA P.S
NIM : 03111005037
JUDUL : KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL
BERBAHAN BAKAR PERTAMINA DEX
MENGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN
EKSERGI
DIBERIKAN TGL : OKTOBER 2015
SELESAI TGL : FEBRUARI 2016

Indralaya, 16 Maret 2016

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Oemarul Hadi, ST.MT
NIP. 196902131995031001

Menyetujui :
Pembimbing,

Ir. Dvos Santoso, M.T
NIP. 196012231991021001

RINGKASAN

KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL BERBAHAN BAKAR
PERTAMINA DEX MENGGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI
Skripsi, Februari 2016

Poltak Indra P.S; Dibimbing oleh Ir. Dyos Santoso, M.T

xxi + 45 halaman, 6 tabel, 1 bagan, 11 gambar, 7 lampiran

RINGKASAN

Energi merupakan kapasitas sistem untuk melakukan kerja dan juga merupakan konsep dasar dalam termodinamika dan salah satu dari aspek yang paling berarti dari analisis teknik. Energi erat kaitannya dengan efisiensi. Dengan efisiensi yang baik tentu menghasilkan energi dengan optimal. Konsep efisiensi energi menggunakan Hukum Termodinamika. Hukum I Termodinamika yang mencakup tentang analisis energi dan Hukum II Termodinamika yang mencakup analisis eksergi. Energi memiliki dua aspek yakni kuantitas dan kualitas. Kuantitas tidak mengalami degradasi saat pengkonversian energi sedangkan kualitas mengalami degradasi energi. Hal ini dibenarkan oleh Hukum II Termodinamika yang menyatakan energi memiliki kualitas dan kuantitas dan proses sebenarnya yang terjadi adalah penurunan kualitas energi. Sebuah motor bakar dalam pemakaiannya, kondisi operasi/beban dan kecepatan putarnya dapat berubah-ubah. Untuk mengetahui daerah kondisi operasi dimana motor dapat bekerja secara optimum dan mengenal karakteristik dari motor tersebut perlu dilakukan pengujian. Analisis eksergi saat ini sudah semakin diterima secara luas sebagai alat untuk peningkatan sistem-sistem energi. Metode analisis energi dan eksergi sudah sangat banyak digunakan dalam desain, simulasi dan penilaian performa dari berbagai jenis mesin untuk mengidentifikasi kerugian dan efisiensi. Perlu diketahui berapa jumlah energi yang dibutuhkan dan berapa besar energi yang dimanfaatkan (eksergi) selama proses pembakaran, sehingga dapat dikembangkan dalam desain kendaraan bermotor yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Studi ini menerapkan analisis energi dan eksergi pada performansi motor diesel yang diuji dengan menggunakan bahan bakar pertamina dex serta diujikan pada torsi mesin yang bervariasi. Perbandingan hasil efisiensi energi dan eksergi menunjukkan seberapa efisien suatu sistem tersebut dalam membangkitkan tenaga. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu putaran mesin dengan efisiensi eksergi terbaik adalah putaran 1991 rpm dengan torsi 9 Nm yang memiliki nilai efisiensi sebesar 22.89 %. Putaran mesin 2484 rpm dengan torsi mesin 1 Nm adalah kondisi mesin kerja dengan nilai pemusnahan eksergi terbesar yaitu 81.82 % dan juga memiliki laju aliran bahan bakar terendah serta memiliki efisiensi eksergi paling kecil yaitu 5.32 %, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa putaran mesin ini merupakan putaran mesin terburuk.

Kata Kunci : Analisis Energi, Analisis Eksergi, Efisiensi

SUMMARY

STUDY ON PERFORMANCE OF A DIESEL ENGINE FUELED WITH PERTAMINA DEX BY USING ENERGY AND EXERGY ANALYSIS

Scientific Paper in the form of Skripsi, February 24, 2016

Poltak Indra P.S; supervised by Ir. Dyos Santoso, MT

xxi + 45 pages, 6 tables, 1 chart, 11 picture, 7 attachment

Energy is the capacity of the system to do the work and also the basic concept in thermodynamics and one of the most significant aspects of technical analysis. Closely related to energy efficiency. With good efficiency would generate energy by optimal. The concept of energy efficiency using the Law of Thermodynamics. First Law of Thermodynamics which includes the analysis of energy and the second law of thermodynamics which includes the exergy analysis. Energy has two aspects, quantity and quality. Quantity is not degraded when the energy conversion and the quality of degraded energy. This is justified by the second law of thermodynamics which states have the quality and quantity of energy and the actual process that occurs is a decrease in the quality of energy. A combustion engine in using, the operating conditions/load and speed of rotation can be fickle. To know the area in which the operating conditions of the engine can work optimally and get to know the characteristics of the engine needs to be tested. Exergy analysis now more widely accepted as a means to increase energy systems. Exergy, energy analysis methods and has been very widely used in the design, simulation and assessment of the performance of various types of machines to identify losses and efficiency. Keep in mind how much energy is needed and how much energy is utilized (exergy) during the combustion process, so that it can be developed in the design of vehicles that are more energy efficient and environmentally friendly. This study analyzes the energy and exergy apply to the performance of the tested diesel engine by using Pertamina dex fuel and tested on the engine torque varies. Comparison of results of energy efficiency and exergy show how efficient the system in generating power. Results obtained from this research that the engine rev with the best exergy efficiency is round 1991 rpm with a torque of 9 Nm which has a value of an efficiency of 22.89%. Engine rev 2484 rpm with a torque of 1 Nm engine is the condition of the working engine with the largest value of the exergy destruction is 81.82% and also has the lowest fuel flow rate as well as having the smallest exergy efficiency is 5.32%, thus it can be concluded that, the engine rev is the worst engine rotation.

Key Words : Energy Analysis, Exergy Analysis, Efficiency

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Poltak Indra Pandapotan Siallagan
NIM : 03111005037
Judul : Kajian Performansi Motor Diesel Berbahan Bakar Pertamina
DEX Menggunakan Analisis Energi dan Eksergi

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, 16 Maret 2016



Poltak Indra Pandapotan S.
NIM 03111005037

HALAMAN PENGESAHAN

KAJIAN PERFORMANSI MOTOR DIESEL BERBAHAN BAKAR PERTAMINA DEX MENGUNAKAN ANALISIS ENERGI DAN EKSERGI

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

POLTAK INDRA P.S
03111005037

Indralaya, 16 Maret 2016

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Omarul Hadi, ST.MT
NIP. 196902131995031001

Diperiksa dan disetujui :
Pembimbing,

Ir. Dvos Santoso M.T
NIP. 196012231991021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Kajian Performansi Motor Diesel Berbahan Bakar Pertamina DEX Menggunakan Analisis Energi dan Eksergi” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Februari 2016.

Indralaya, 24 Februari 2016

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

Ir. Irwin Bizzy, MT
NIP. 196005281989031002

(.....) ✓

Anggota :

1. Ir. Hj. Marwani, MT
NIP. 196503221991022001

(.....)

2. Aneka Firdaus, ST, MT
NIP. 197502261999031001

(.....)

3. Barlin, ST, M.Eng
NIP. 198106302006041001

(.....)

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Omarul Hadi, ST, MT
NIP. 196902131995031001

Pembimbing,

(.....)

Ir. Dyos Santoso, MT
NIP. 196012231991021001

RIWAYAT PENULIS

Ini adalah uraian singkat tentang diri si penulis. Penulis dilahirkan ke dunia ini pada tanggal 25 Maret 1993 dan diberi nama Poltak Indra Pandapotan Siallagan. Terlahir sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak J. Siallagan dan Ibu L. Situmorang. Penulis lahir, tinggal dan dibesarkan di Lubuk Linggau. Memulai pendidikan sejak usia 6 tahun di TK Methodist Lubuk Linggau dan menempuh pendidikan dasar di SD Xaverius Lubuk Linggau dari tahun 1999 sampai 2005 dan melanjutkan pendidikan menengah pertama tahun 2005 di SMP Xaverius Lubuk Linggau dan selesai pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas pada tahun 2008 di SMA Xaverius Lubuk Linggau dan selesai pada tahun 2011.

Di tahun 2011 setelah lulus pendidikan menengah atas, penulis berkeinginan untuk melanjutkan pendidikan di salah satu perguruan tinggi negeri yang ternama di Indonesia yaitu antara ITB dan UGM melalui tes masuk jalur prestasi tetapi gagal dalam proses seleksi. Pada akhirnya penulis bertekad untuk masuk di perguruan tinggi negeri di Sumatera saja dan berdasarkan pertimbangan yang matang, Universitas Sriwijaya lah yang dipilih. Dalam SNMPTN 2011 penulis memilih jurusan Teknik Pertambangan dan Teknik Mesin saat itu dan hasilnya penulis diterima di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Memulai perjalanan sebagai mahasiswa menuntut untuk memiliki tanggung jawab yang lebih besar baik terhadap orang tua, keluarga, diri sendiri dan institusi pendidikan. Banyak pengalaman baru dan berharga yang didapatkan dan nilai-nilai kehidupan yang tak ternilai harganya yang penulis jalani selama menjadi mahasiswa. Sekarang penulis sudah berada di ujung perjalanan untuk meraih sebuah pencapaian baru dalam hidupnya dengan menyelesaikan studi S1 bidang Teknik Mesin di Universitas Sriwijaya.

Demikianlah uraian singkat mengenai riwayat hidup si penulis yang dibuat oleh si penulis sendiri. Abadilah kiranya dalam ingatan si penulis masa-masa indah, suka duka maupun pahit getir yang ia lalui selama menempuh pendidikan di Universitas Sriwijaya ini sampai akhir hayatnya.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala berkat dan kasih-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut :

1. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi sekaligus Sekretaris Jurusan Teknik Mesin yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
2. Laboratorium Konversi Energi I Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (Pak Yahya).
3. Laboratorium Migas Grha Pertamina Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (Pak Edi).
4. Bapak Qomarul Hadi, S.T. M.T. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Staf Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Staf Administrasi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Kedua orang tuaku yang selalu menjadi teladanku, bapak (J.Siallagan) dan mamak (L.Situmorang) yang terus membimbing dan berdoa tak henti-hentinya untuk anaknya ini. Abangku, itoku, kakakku dan laeku yang juga mendukungku, serta keenam keponakanku jonathan, theresia, novi, julius, amos dan sere yang selalu membawa keceriaan saat aku pulang ke rumah.

8. Aparaku waluyo, tio, baren, lae ku ruli dan eric yang sudah jadi teman satu bedengku dan selalu jadi teman ke gereja, lae-lae ku semua, dio, benni, abror, toga, firthon, brema, asep, sandi, ilham, dwi, mifta, miki, fikri, teman satu bedengku dulu bang roy, bang ferdin, bang tomok, andi, adi, fandy, deas, galih, haris, bilal, teman-teman KP di PLN firman, fariz, imam, risky, rifqi serta kedua sahabatku intro dan riki dan semua teman-teman yang tidak bisa kusebutkan satu persatu namanya.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) Universitas Sriwijaya terutama Teknik Mesin Angkatan 2011.
10. Seluruh keluarga besar civitas akademik Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak pengembangan yang perlu dilakukan, pasti banyak terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat diharapkan guna membantu dalam perbaikan untuk penulisan selanjutnya.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat berguna dan memberikan manfaat bagi kita semua untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta memberikan kontribusi bagi yang akan mengkaji sistem pembangkit dengan menggunakan metode analisis eksergi khususnya Motor Bakar Torak di masa yang akan datang.

Indralaya, Maret 2016

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

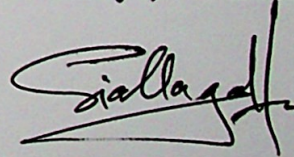
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Poltak Indra Pandapotan Siallagan
NIM : 03111005037
Judul : Kajian Performansi Motor Diesel Berbahan Bakar Pertamina
DEX Menggunakan Analisis Energi dan Eksergi

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*)

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 16 Maret 2016



Poltak Indra Pandapotan S.
NIM 03111005037

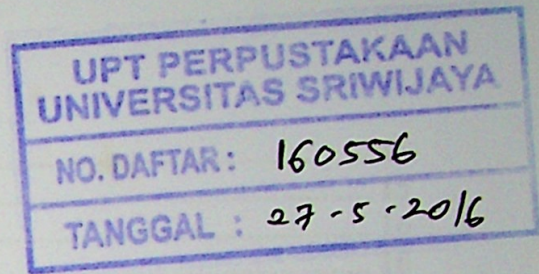
Motto dan Persembahan

- **AMSAL 3 : 13-14**
- **Alam bukan untuk dikendalikan tetapi untuk diselaraskan - Thio Sam Hong**
- **Life is Climb**

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada :

- **Yesus Kristus**
- **Kedua Orang Tuaku**
- **Keluarga Besarku**
- **Dosen Pembimbing Skripsiku**
- **Teman-teman yang selalu mendukungku**
- **Almamaterku**

DAFTAR ISI



	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA	ii
RINGKASAN	iii
SUMMARY	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
RIWAYAT PENULIS	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	xi
HALAMAN PERSEMBAHAN	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Manfaat.....	5

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penggunaan Analisis Eksergi	6
2.2. Analisis Energi	9
2.2.1. Neraca Massa	10
2.2.2. Neraca Energi	11
2.2.3. Neraca Entropi.....	11
2.3. Analisis Eksergi.....	12
2.3.1. Keadaan Lingkungan (<i>Environmental State</i>)	13
2.3.2. Keadaan Mati (<i>Dead State</i>)	13
2.3.3. Komponen Eksergi	14

2.4.	Neraca Eksergi.....	15
2.4.1.	Neraca Eksergi Sistem Tertutup	15
2.4.2.	Neraca Eksergi Volume Atur	16
2.5.	Bentuk-bentuk Eksergi	16
2.5.1.	Eksergi yang Menyertai Kerja.....	16
2.5.2.	Eksergi yang Menyertai Perpindahan Kalor.....	17
2.5.3.	Eksergi Fisik.....	17
2.5.4.	Eksergi Kimia.....	18
2.5.4.1.	Eksergi Kimia Standar	18
2.5.4.2.	Eksergi Kimia Bahan Bakar Cair	18
2.6.	Destruksi Eksergi dan Kerugian Eksergi.....	19
2.7.	Diagram Sankey dan Diagram Grassman.....	19
2.8.	Analisis Performansi Motor Diesel	21
2.8.1.	Torsi dan Daya Poros Efektif	21
2.8.2.	Konsumsi Bahan Bakar	22
2.8.3.	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	22
2.8.4.	Laju Aliran Massa Udara.....	22
2.8.5.	Energi Bahan Bakar.....	22
2.8.6.	Efisiensi Energi	23
2.8.7.	Neraca Energi Motor Diesel	23
2.8.8.	Analisis Eksergi Motor Diesel.....	23
2.9.	Motor Diesel.....	24
2.9.1.	Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah.....	24

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Pendekatan Umum.....	26
3.2.	Ruang Lingkup dan Batasan.....	26
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3.1.	Motor Diesel Didacta Test Bed T85D	27
3.3.2.	Kalorimeter Bom	27
3.3.3.	Cakram Ukur Dinamometer	28
3.3.4.	Gelas Ukur	28
3.3.5.	Mikrometer Diferensial	28
3.3.6.	Tachometer	28
3.3.7.	Stopwatch	28
3.3.8.	Termokopel.....	28
3.3.9.	Bahan Bakar	29
3.4.	Analisis dan Pengolahan Data	29
3.5.	Asumsi yang Digunakan.....	30

BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1.	Analisis Data	31
4.1.1.	Data Hasil Pengujian	31
4.1.2.	Analisis Energi	32
4.1.3.	Analisis Eksergi.....	34
4.1.4.	Efisiensi Energi dan Eksergi	36

4.2. Hasil dan Pembahasan.....	37
4.2.1. $\dot{m}_f$ vs R	37
4.2.2. Ne vs n	38
4.2.3. SFC vs n	39
4.2.4. η_{energi} , $\eta_{eksergi}$, E_D vs n	40
4.2.5. Diagram Sankey dan Diagram Grassmann.....	41

BAB. 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA.....	xix
----------------------------	------------

LAMPIRAN.....	xxi
----------------------	------------

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1. Produksi dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak di Indonesia.....	1
2.1. Diagram Grassman pada Proses Konversi Energi.....	20
2.2. Diagram Sankey pada <i>Power Station</i>	21
2.3. Diagram $P-v$ dan $T-s$ Siklus Diesel	25
3.1. Skematik Pengujian Motor Diesel <i>Didacta Test Bed T85D</i>	27
3.2. Diagram Alir Perhitungan Energi dan Eksergi	29
4.1. Laju Aliran Bahan Bakar vs Graduasi Beban	37
4.2. Daya efektif vs Putaran Mesin	38
4.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik vs Putaran Mesin.....	39
4.4. Efisiensi Energi, Eksergi, Eksergi Destruksi vs Putaran Mesin.....	40
4.5. Diagram Sankey untuk putaran 1991 rpm.....	42
4.6. Diagram Grassmann untuk putaran 1991 rpm	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
1.1. Konsumsi/Penjualan BBM Solar 2009 – 2014	2
4.1. Data Hasil Pengujian (Pertamina DEX).....	32
4.2. Data Hasil Pengujian (Solar).....	32
4.3. Analisis Perhitungan Energi (Pertamina DEX).....	33
4.4. Analisis Perhitungan Energi (Solar).....	33
4.5. Analisis Perhitungan Eksergi (Pertamina DEX)	35
4.6. Analisis Perhitungan Eksergi (Solar)	36
4.7. Analisis Perhitungan Efisiensi Energi dan Eksergi Mesin Kerja (Pertamina DEX).....	36
4.8. Analisis Perhitungan Efisiensi Energi dan Eksergi Mesin Kerja (Solar).....	37
4.9. Nilai Konsumsi Bahan Bakar Spesifik.....	39

DAFTAR NOTASI

Simbol Umum

E	Energi, energi spesifik	kW
EK	Energi kinetik, spesifik energi kinetik	$\text{Kg.m}^2/\text{s}^2$
EP	Energi potensial, spesifik energi potensial	$\text{Kg.m}^2/\text{s}^2$
H, h	Entalpi, entalpi spesifik	kJ/kg
L	Beban mesin	N
$m, \dot{m}$	Massa, laju aliran massa	kg, kg/s
n	Putaran mesin	rpm
N_e	Daya efektif mesin	kW
P	Tekanan	kPa
$Q, \dot{Q}$	Kalor, Perpindahan kalor	kW
R	Konstanta gas	kJ/kmol K
s	Entropi	kJ/kg K
T	Temperatur	K
U	Energi dalam	kJ/kg
V, v	Volume, volume spesifik	$\text{m}^3, \text{m}^3/\text{kg}$
$W, \dot{W}$	Kerja, kerja dari kontrol volume	kW
$\dot{E}, e$	Eksergi, spesifik eksergi	kW
$\dot{E}_k, e_k$	Eksergi kinetik, spesifik eksergi kinetik	kW
$\dot{E}_p, e_p$	Eksergi potensial, spesifik eksergi potensial	kW
$\dot{E}_{ph}, e_{ph}$	Eksergi fisik, spesifik eksergi fisik	kW
$\dot{E}_{ch}, e_{ch}$	Eksergi kimia, spesifik eksergi kimia	kW
$\bar{g}$	Energi bebas gibbs	kJ/kmol
y_i	Fraksi mol komponen i pada gas buang	
y_i^e	Fraksi mol komponen i pada kondisi lingkungan	

Simbol Yunani

i	Ireversibilitas	kW
τ	Torsi	Nm
η	Efisiensi	

Singkatan

LHV	Low Heating Value
SFC	Specific Fuel Consumption

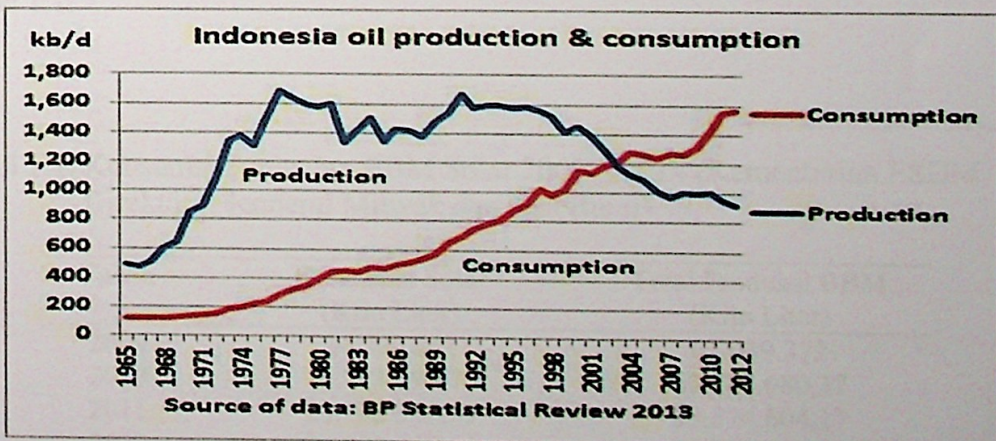
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak bumi merupakan salah satu dari sekian banyak sumber energi utama yang banyak digunakan di berbagai belahan dunia pada saat ini. Energi telah menjadi salah satu masukan penting untuk pembangunan sosial ekonomi di negara manapun, yang berjalan seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, pertumbuhan perekonomian, perkembangan dunia industri, kemajuan teknologi dan meningkatnya standar kenyamanan hidup di masyarakat.

Beberapa hal tersebut mengakibatkan permintaan terhadap jumlah produksi energi menjadi semakin besar. Bukan hanya kuantitas saja yang diinginkan tetapi permintaan terhadap kualitas energi yang lebih baik pun semakin meningkat. Namun pada kenyataannya peningkatan kebutuhan energi akan minyak bumi tidak diimbangi dengan peningkatan produksinya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kelangkaan dan krisis energi.



Gambar 1.1 Grafik Produksi dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak di Indonesia
(BP Statistical Review, 2013)

Eksplorasi besar-besaran terhadap berbagai sumber energi, perkembangan jumlah kendaraan bermotor dalam berbagai jenis bentuk dan kegunaan, serta kurangnya kepedulian masyarakat dalam pengoptimalan kinerja dari kendaraan menyebabkan krisis energi dalam negeri kian terasa.

Keberadaan bahan bakar alternatif merupakan kebutuhan yang mutlak bagi manusia. Mengingat cadangan minyak mentah yang semakin menipis sementara kebutuhannya terus mengalami peningkatan. Disamping itu tingginya pemakaian kendaraan bermotor mempengaruhi kualitas udara. Emisi gas buang kendaraan bermotor yang dapat diidentifikasi diantaranya adalah karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_x) dan partikulat (PM10). Gas-gas tersebut dikeluarkan oleh berjuta-juta knalpot setiap saat dan membentuk efek rumah kaca dan menjadi salah satu penyebab pemanasan global yang sungguh menkhawatirkan.

Salah satu dari sekian banyak bahan bakar minyak yang ada saat ini, minyak diesel atau yang biasa disebut solar (*petrodiesel*) adalah bahan bakar yang paling banyak digunakan oleh berbagai tingkatan. Banyak negara, terutama Indonesia masih membutuhkan solar untuk keperluan di bidang industri dan transportasi. Terdapat dua jenis solar di Indonesia yang dibedakan berdasarkan angka setana (*cetane number*) yaitu Solar dan Pertamina DEX. Data konsumsi solar untuk transportasi di Indonesia pada tahun 2009 – 2014 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Konsumsi/Penjualan BBM Solar 2009 – 2014 (Kementerian ESDM Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi)

Tahun	Konsumsi Solar (Kilo Liter)	Total Produksi BBM (Kilo Liter)
2009	24.290.841	61.039.372
2010	29.743.693,75	62.187.080,37
2011	25.792.336,59	65.574.604,17
2012	34.209.757,15	72.290.008,29
2013	34.047.721,49	72.034.065,09
2014	32.673.229,78	70.744.977,72

Para produsen bahan bakar minyak pun berlomba-lomba untuk menciptakan produk bahan bakar minyak baru dengan kualitas pembakaran yang lebih baik. Begitu juga dengan para produsen kendaraan bermotor yang bersaing untuk mendesain kembali mesin-mesin yang akan mereka produksi agar menghasilkan gas buang yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian peningkatan kualitas energi mutlak perlu dilakukan dan harus secara optimal.

Metode analisis energi dan eksergi sudah sangat banyak digunakan dalam desain, simulasi dan penilaian performa dari berbagai jenis mesin untuk mengidentifikasi kerugian dan efisiensi. Untuk itu perlu diketahui berapa jumlah energi yang dibutuhkan dan berapa besar energi yang termanfaatkan (eksergi) selama proses pembakaran, sehingga dapat dikembangkan dalam desain kendaraan bermotor yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan [1].

Salah satu hukum yang paling mendasar dari alam adalah prinsip konservasi energi. Secara sederhana menyatakan bahwa selama interaksi, energi bisa berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya tetapi total energi yang dikandung tetap konstan. Ini berarti, energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan [2]. Metode mengenai analisis termal tradisional didasarkan pada hukum pertama termodinamika. Metode ini menggunakan neraca energi pada sistem untuk menghitung perpindahan kalor yang terjadi antara sistem dan lingkungan.

Didasarkan prinsip konservasi energi tadi hukum termodinamika yang pertama menyatakan bahwa energi yang memasuki sistem termal dengan bahan bakar, elektrisitas, aliran materi dan sebagainya adalah kekal dan tidak dapat dimusnahkan. Neraca energi tidak memberikan informasi mengenai kualitas atau nilai energi yang melintasi batas sistem termal dan tidak memberikan informasi tentang kerugian termal.

Sedangkan hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa energi memiliki kualitas serta kuantitas, dan proses yang sebenarnya terjadi penurunan kualitas energi [2]. Hukum kedua termodinamika memberikan konsep eksergi dalam analisis sistem termal. Eksergi adalah ukuran kualitas atau tingkatan energi dan dapat dimusnahkan di dalam sebuah sistem termal. Hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa bagian dari eksergi yang memasuki sistem

termal dengan bahan bakar, listrik, aliran materi dan sebagainya dapat dimusnahkan di dalam sebuah sistem dikarenakan ireversibilitas.

Analisis eksergi saat ini sudah semakin diterima secara luas sebagai alat untuk peningkatan sistem-sistem energi [2]. Perbandingan efisiensi energi dan eksergi nantinya akan menunjukkan seberapa efisien suatu sistem tersebut dalam membangkitkan tenaga. Sebagai langkah yang baik untuk menentukan performansi motor bakar torak, maka peneliti menggunakan analisis energi dan eksergi dalam mengkajinya. Berdasarkan uraian sebelumnya maka akan dilakukan penelitian yang berjudul “Kajian Performansi Motor Diesel Berbahan Bakar Pertamina DEX Menggunakan Analisis Energi dan Eksergi”.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam melakukan analisis performansi terhadap suatu mesin, tidak cukup hanya dengan memperhatikan nilai kuantitas saja, tetapi perlu juga diperhatikan kualitas dari energi tersebut, maka perlu dilakukan analisis yang mencakup komponen/sistem untuk mengetahui lokasi, besar dan penyebab terjadinya kerugian eksergi.

1.3. Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini akan dibatasi dan difokuskan pada hal-hal berikut :

1. Analisis energi dan eksergi untuk mengetahui kerugian yang terjadi dalam sistem.
2. Komponen/subsistem meliputi ruang bakar serta bahan bakar, diperlihatkan melalui variasi putaran mesin.
3. Motor diesel yang digunakan adalah Motor Diesel Test Bed T85D, Laboratorium Konversi Energi I Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina DEX.

1.4. Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis performansi motor diesel berbahan bakar Pertamina DEX dan mengidentifikasi pada putaran berapa sistem mengalami kerugian eksergi terbesar serta menentukan besarnya efisiensi energetik dan eksergetik pada berbagai putaran mesin.

1.5. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pabrikan kendaraan bermotor pada umumnya dan terkhusus bagi yang menerapkan kajian performansi dengan menggunakan metode analisis eksergi pada mesin penyalaan kompresi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rakopoulos, C.D., 1993, *Evaluation of a spark ignition engine cycle using first and second law analysis techniques*. Greece : Energy Conversion and Management, Vol. 34, pp.1299-1314.
- [2] Cengel, A.Y., dan Boles, M.A., 2006. *Thermodynamics: an Engineering Approach*, Fifth Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3] Moran, M.J., 1982. *Availability Analysis: A Guide to Efficient Energy Use*. New Jersey : Pantice-Hall Inc.
- [4] Sciubba, E., dan Wall, G., 2007. *A Brief Commented History of Exergy From the Beginnings to 2004*. Roma : International Journal of Thermodynamics, Vol. 10, No. 1, pp.1-26.
- [5] Vosough, A., Noghrehabadi, A., Ghalambaz, M., and Vosough, S., 2011. *Exergy Concept and its Characteristic*. Iran : International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering, Vol. 2, No. 4.
- [6] Sayin, C., Hosoz, M., Canakci, M., dan Kilicaslan, I., 2006. *Energy and exergy analysis of a gasoline engine*. Wiley InterScienc : John Wiley and Sons, Ltd.
- [7] Agudelo, J., Agudelo, A., dan Perez, J., 2009. *Energy and Exergy Analysis of A Light Duty Diesel Engine Operating at Different Altitudes*. Colombia : Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, No. 48, pp. 45-54.
- [8] Kopac, M., dan Kokturk, L., 2005. *Determination of optimum speed of an internal combustion engine by exergy analysis*. Int. J. Exergy, Vol. 2, No. 1, Zonguldak Karaelmas University, Zonguldak 67100, Turkey.
- [9] Sekmen, P., dan Yilbasi, Z., 2011. *Application of Energy and Exergy Analysis to a C.I Engine Using Biodiesel Fuel*. Turkey : Mathematical and Computational Applications, Vol. 16, No. 04, pp. 797-808.
- [10] Basri, H., dan Santoso, D., 2010. *Analisis Eksergi pada Siklus Turbin Gas Sederhana 14 MW Instalasi Pembangkit Tenaga Keramasan*. Palembang : Jurnal Teknik Mesin Indonesia.

- [11] Santoso, D., dan Natana, B., 2013. *Evaluasi Performansi Mesin Bensin Siklus Empat Langkah Dengan Menggunakan Analisis Energi dan Eksergi*. Palembang.
- [12] Bejan, A., Tsatsaronis, G., dan Moran, M., 1996. *Thermal Design and Optimization*. New York : John Wiley and Sons Inc.
- [13] Rakopoulos, C.D., dan Giakoumis, E.G., 2005. *Second-law analysis applied to internal combustion engines operation*. Greece : Energy and Combustion Science, Vol. 32, pp.2-47.
- [14] Kotas, T.J., 1985. *The exergy method of thermal power plant analysis*. London : Butterworths.
- [15] Soundararajan, K., Ho, H.K., dan Su, B., 2013. *A Sankey Framework for Energy and Exergy Flows*. Cairo : The 2nd ICEST. National University of Singapore.
- [16] _____. 1991. *T85D Internal Combustion Engine Test Bed*. Torino, Italy.
- [17] Ozkan, Muammer., 2015. *A Comparative Study on Energy and Exergy Analyses of a CI Engine Performed with Different Multiple Injection Strategies at Part Load: Effect of Injection Pressure*. Turkey : Entropy, Vol. 17, pp.244-263.
- [18] <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413> diakses 7 Juni 2015.
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey_diagram diakses 20 Agustus 2015.