



**PENGARUH PENAMBAHAN BIO-ADITIF
MINYAK LADA PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX
TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

Oleh

Rafinsa Diksa Ardiantanto

NIM. 5202414053

PRODI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2019



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**PENGARUH PENAMBAHAN BIO-ADITIF
MINYAK LADA PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX
TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

Oleh

Rafinsa Diksa Ardiantanto

NIM. 5202414053

**PRODI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

NAMA : Rafinsa Diksa Ardiantanto

NIM : 5202414053

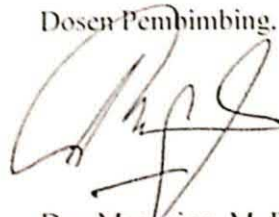
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif, S1

Judul : Pengaruh Penambahan Bio-Aditif Minyak Lada Pada Bahan Bakar
Pertamax Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, Oktober 2018

Dosen Pembimbing,



Drs. Masrgino, M. Pd.
NIP. 195207212017091256

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul PENGARUH PENAMBAHAN BIO-ADITIF MINYAK LADA PADA BAHAN BAKAR PERTAMAX TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal bulan tahun

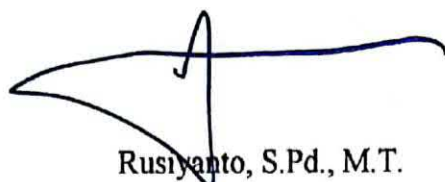
Oleh

Nama : Rafinsa Diksa Ardiantanto
NIM : 5202414053
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Panitia:

Ketua

Sekretaris



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002



Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T.
NIP. 196901061994031003

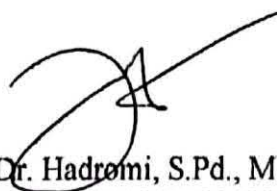
Penguji I

Penguji II

Penguji III/ Pembimbing I



Wahyudi, S.Pd., M.Eng.
NIP. 198003192005011001



Dr. Hadromi, S.Pd., M.T.
NIP. 196908071994031004



Drs. Masugino, M.Pd.
NRP. 195207212017091256

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dan cantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Rafinsa Diksa Ardiantanto

NIM. 5202414053

SARI ATAU RINGKASAN

Diksa Ardiantanto, Rafinsa. 2019. Pengaruh Penambahan Bio-Aditif Minyak Lada Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs. Masugino, M.Pd

Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari penambahan bioaditif minyak lada pada bahan bakar pertamax terhadap performa mesin sepeda motor.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana pengumpulan data torsi dan daya pada sepeda motor Honda Vario Techno 125 FI diperoleh dengan menggunakan *dynamometer*. Data yang diperoleh berasal dari 4 macam campuran, yaitu bahan bakar PP0 (Pertamax 100%), PP1(Pertamax 99% + Minyak lada 1%), PP2(Pertamax 98% + Minyak lada 2%), dan PP3(Pertamax 97% + Minyak lada 3%), dan selanjutnya akan dianalisis secara deskriptif statistik dan ditampilkan menggunakan grafik dan tabel, selanjutnya akan disimpulkan.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan torsi dan daya pada campuran PP0, PP1, PP2 dan PP3. Selisih torsi tertinggi terjadi pada putaran 1000 rpm untuk campuran PP2 dengan PP0 yaitu 2,61 Nm atau 7,77 %, untuk campuran PP3 dengan PP0 sebesar 1,86 Nm atau 5,54%, dan untuk campuran PP1 dengan PP0 sebesar 1,83 Nm atau 5,46%. Dengan campuran bioaditif minyak lada akan meningkatkan torsi dan daya mesin pada mesin sepeda motor akibat perubahan perbandingan AFR yang semakin kaya. Torsi tertinggi diperoleh pada campuran PP0 pada putaran 1500rpm dengan nilai 41,20 Nm. Daya tertinggi yang didapat sebesar 9,57 HP pada putaran 4000rpm pada bahan bakar PP2 dan PP3.

Komposisi bahan bakar yang paling baik adalah menggunakan bahan bakar PP2 dimana memperoleh nilai torsi dan daya yang lebih tinggi daripada campuran PP0, PP1, dan PP3, walaupun pada putaran 2500, 4000, dan 5000rpm nilai torsi dan daya paling tinggi didapatkan pada bahan bakar PP3. Saran penelitian ini adalah penggunaan minyak lada yang dianjurkan adalah menggunakan bahan bakar PP2 karena kenaikan torsi dan daya yang lebih stabil pada putaran bawah sampai putaran menengah, sedangkan bahan bakar PP3 hanya menghasilkan torsi dan daya yang lebih tinggi pada putaran atas.

Kata kunci: *Bahan bakar, daya, minyak lada, performa, torsi.*

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya yang sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Bio-Aditif Minyak Lada Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari selesainya skripsi ini tidak terlepas dari arahan, bimbingan serta saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang
atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di
Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri
Semarang
3. Bapak Rusiyanto, S.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri
Semarang
4. Bapak Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., Ketua Program Studi Pendidikan
Teknik Otomotif Universitas Negeri Semarang
5. Bapak Drs. Masugino, M.Pd., Dosen Pembimbing Skripsi
6. Bapak Wahyudi, S.Pd.,M.Eng., Dosen Penguji 1
7. Bapak Dr. Hadromi, M.T., Dosen Penguji 2

8. Semua pihak yang telah memberikan dukungan secara riil maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itulah kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan di masa yang akan datang. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi para pembaca.

Semarang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SARI ATAU RINGKASAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan	6
1.6 Manfaat	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Motor Bakar	10

2.2.2 Bahan Bakar.....	11
2.2.3 Aditif Bahan Bakar.....	15
2.2.4 Minyak Lada	16
2.2.5 Reaksi Pembakaran dan AFR	19
2.2.6 Campuran Minyak Lada dan Pertamina	22
2.2.7 Parameter Performa Mesin	24
2.3 Hipotesis	26
BAB III. METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	27
3.2 Desain Penelitian	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.3.1 Alat Penelitian	28
3.3.2 Bahan Penelitian	32
3.4 Parameter Penelitian.....	33
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.5.1 Awal Proses Penelitian	35
3.5.2 Pelaksanaan Penelitian.....	35
3.5.3 Akhir Proses Penelitian	37
3.6 Teknik Analisis Data	37
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Deskripsi Data.....	38
4.1.1 Torsi Mesin.....	38
4.1.2 Daya Mesin	49

4.2 Analisis Data	42
4.3 Pembahasan	46
4.3.1 Torsi	46
4.3.2 Daya.....	48
4.4 Keterbatasan Penelitian	49
BAB V. PENUTUP.....	51
5.1 Simpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

Simbol	Arti
Mr	Massa relatif
mol	Massa suatu zat dibagi dengan massa molekul relatif/berat molekul suatu zat
M	Molaritas /jumlah mol zat terlarut dalam 1000 ml pelarut
m	Molalitas /jumlah mol zat terlarut dalam 1000 gram pelarut
PP0	Campuran pertamax 100% + minyak lada 0% (pertamax murni)
PP1	Campuran pertamax 99% + minyak lada 1%
PP2	Campuran pertamax 98% + minyak lada 2%
PP3	Campuran pertamax 97% + minyak lada 3%
CO	Karbon Monoksida / <i>Carbon Monoxide</i>
CO ₂	Karbon Dioksida / <i>Carbon Dioxide</i>
N	Nitrogen
O	Oksigen
C	Karbon
H	Hidrogen
N	Putaran mesin

Singkatan	Arti
TMA	Titik Mati Atas
TMB	Titik Mati Bawah
SOHC	<i>Single Over Head Camshaft</i>
GC/MS	<i>Gas Chromatography / Mass Spectrometry</i>
BBM	Bahan Bakar Minyak
RON	<i>Research Octane Numbers</i>
MON	<i>Motor Octane Number</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
HP	<i>Horse Power</i>
kW	<i>kiloWatt</i>
Rpm	<i>Revolution per minute</i>

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Jenis Bensin	2
Tabel 2.1 Karakteristik Pertamina.....	14
Tabel 2.2 Analisis GC/MS dari minyak lada	17
Tabel 2.3 Komposisi kimia minyak lada	18
Tabel 2.4 Sertifikat analisis (COA) minyak lada hitam	19
Tabel 2.5 Hasil Perhitungan Perbandingan AFR	19
Tabel 3.1 Lembar Instrumen Hasil Torsi	29
Tabel 3.2 Lembar Instrumen Hasil Daya	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Dynamometer Sportdyno V3.3.....	32
Tabel 3.4 Spesifikasi Vario Techno 125	32
Tabel 4.1 Hasil Torsi Pengujian Campuran PP0, PP1, PP2, dan PP3	38
Tabel 4.2 Hasil Daya Pengujian Campuran PP0, PP1, PP2, dan PP3	40
Tabel 4.3 Rata-Rata Torsi dan Daya Hasil Pengujian.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus <i>Otto Internal Combustion Engine</i>	11
Gambar 2.2 Pengaruh <i>Air-Fuel Ratio</i> Terhadap Konsumsi Bensin dan Tenaga Mesin.....	22
Gambar 2.3 Skema Pengujian Torsi.....	25
Gambar 3.1 Skema Penelitian	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.3 Gelas Ukur.....	29
Gambar 3.4 Jarum Suntik.....	29
Gambar 3.5 Bahan Bakar Pertamax	33
Gambar 3.6 Minyak lada.....	33
Gambar 4.1 Grafik Nilai Torsi Pada Campuran PP0, PP1, PP2 dan PP3	46
Gambar 4.2 Grafik Nilai Daya Pada Campuran PP0, PP1, PP2 dan PP3	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Performa.....	57
Lampiran 2. Analisis Hasil Penelitian.....	63
Lampiran 3. Selisih dan Persentase Nilai Torsi dan Daya Bahan Bakar	66
Lampiran 4. Dokumentasi penelitian	68
Lampiran 5. Surat iijin penelitian.....	69
Lampiran 6. Surat Tugas Dosen.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) memerlukan bahan bakar yang dicampur dengan udara untuk dapat bekerja. Bahan bakar yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang baik untuk dapat terbakar. Bahan bakar untuk kendaraan yang dijual di Indonesia terdiri dari berbagai jenis, antara lain solar, bio-solar, premium, pertalite, pertamax, dan pertamax plus. Kendaraan menggunakan salah satu dari beberapa bahan bakar tersebut sesuai dengan kebutuhan mesin agar dapat bekerja secara optimal. Hal ini karena spesifikasi kendaraan tidak sama antara satu dengan yang lainnya walaupun dalam satu pabrikan.

Kendaraan dengan perbandingan kompresi yang tinggi tidak cocok menggunakan bahan bakar yang diperuntukkan bagi kendaraan dengan perbandingan kompresi yang rendah karena pada kendaraan dengan perbandingan kompresi yang tinggi membutuhkan bahan bakar yang lebih lama terbakar sehingga pada kompresi puncak dapat menghasilkan tenaga yang maksimal. Pemakaian bahan bakar yang tidak sesuai dengan rasio kompresi kendaraan akan menyebabkan terjadinya *pre-ignition* dimana bahan bakar terbakar lebih cepat dari waktu pembakaran dan detonasi dimana adanya sumber panas lain selain busi yang menyebabkan bahan bakar terbakar yang nantinya menyebabkan kinerja tidak optimal.

Tabel 1.1 Daftar Jenis Bensin

Jenis bensin	Angka Oktan (RON)	Rasio Kompresi (CR)
Premium	88	7:1 ~ 9:1
Pertalite	90	9:1 ~ 10:1
Pertamax	92	10:1 ~ 11:1
Pertamax Plus	95	11:1 ~ 12:1
Shell Super	92	10:1 ~ 11:1
Shell V-Power	95	11:1 ~ 12:1
Performance 92	92	10:1 ~ 11:1
Performance 95	95	11:1 ~ 12:1

Sumber: <https://www.hondacengkareng.com/faq/tabel-bahan-bakar-ideal-motor-honda-sesuai-rasio-kompresi-mesin>

Pada era jaman sekarang sudah banyak mesin yang menggunakan teknologi injeksi, dimana proses pencampuran bahan bakar dan udara sudah diatur oleh ECU (*Electronic Control Unit*) untuk menyesuaikan kebutuhan kerja mesin. Akan tetapi seperti yang kita tahu, tidak semua konsumen merasa puas dengan teknologi injeksi yang ada. Beberapa modifikator berusaha melakukan perubahan pada mesin untuk meningkatkan tenaga mesin, namun apabila hal ini juga harus dibarengi dengan penggantian komponen pada sistem injeksi agar performa menjadi maksimal. Cara lain yang lebih praktis adalah dengan menambahkan zat ke dalam bahan bakar yang dikenal dengan aditif, dimana tidak memerlukan perubahan atau penggantian komponen sistem injeksi.

Bahan bakar dari minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui serta berasal dari fosil makhluk hidup. Kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran dalam sangat bergantung pada bahan bakar yang digunakan, terutama bahan bakar cair. Performa suatu mesin dipengaruhi beberapa hal, dan salah satunya adalah kualitas dari bahan bakar, maka dari itu beberapa penelitian tentang bahan bakar alternatif sebagai bahan aditif pun dicoba dengan harapan untuk memperbaiki kualitas bahan bakar minyak bumi. Seperti halnya

penggunaan tanaman jarak, tebu, singkong, serta pengolahan bahan bakar yang didapatkan dari plastik.

Zat aditif dibagi menjadi 2, yaitu zat aditif sintetis dan zat aditif alami (bioaditif). Zat aditif sintetis dibuat dengan mencampurkan berbagai macam bahan kimia untuk menghasilkan senyawa yang diinginkan, dalam hal ini untuk memperbaiki kualitas bahan bakar. Beberapa zat aditif sintetis yang pernah dibuat antara lain adalah TEL (*Tetra Etyl Lead*), senyawa oksigenat, MTBE (*Methyl Tertier Butyl Eter*), metanol, parafin, etanol yang dapat memperbaiki sifat dari bahan bakar. Zat aditif lain yang digunakan berasal dari makhluk hidup atau lebih sering dikenal dengan bioaditif, dapat berasal dari bagian apapun dari suatu tanaman.

Beberapa tanaman ketika disuling akan menghasilkan minyak atsiri (*essential oil*) yang dapat juga digunakan untuk bioaditif. Indonesia merupakan produsen utama beberapa minyak esensial, seperti Minyak Nilam (*Patchouli Oil*), Minyak Akar Wangi (*Vertiver Oil*), Minyak Sereh Wangi (*Cintronella Oil*), Minyak kenanga (*Cananga Oil*), Minyak Kayu Putih (*Cajeput Oil*), Minyak Sereh Dapur (*Lemon Grass*), Minyak Cengkeh (*Cloves Oil*), Minyak Cendana (*Sandal wood Oil*), Minyak Pala (*Nutmeg Oil*), Minyak Kayu Manis (*Cinamon Oil*), Minyak Kemukus (*Cubeb Oil*) dan Minyak Lada (*Pepper oil*) (Kadarohman, 2009:122). Minyak lada adalah salah satu jenis minyak atsiri yang ada di Indonesia, yang diperoleh dari proses penyulingan biji lada.

Beberapa penelitian tentang minyak atsiri sebagai bioaditif bahan bakar menyatakan bahwa minyak atsiri dapat menyempurnakan proses pembakaran

yang terjadi di dalam ruang bakar. Saat ini sudah banyak pabrik yang menghasilkan berbagai macam bioaditif, seperti bioaditif BBM dari minyak sereh wangi yang diproduksi oleh Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, *Mygreenoil* terbuat dari formulasi minyak sari tumbuhan yang berasal dari Malaysia, dan *biospeed* dengan bahan baku alam yang dipadukan dengan teknologi *nano* yang diproduksi di Surabaya. Meskipun begitu penelitian minyak lada sebagai bioaditif ini belum pernah dilakukan, sehingga peneliti tertarik untuk meneliti pengaruh bahan bakar yang ditambahkan dengan minyak lada untuk melihat efeknya terhadap performa mesin khususnya torsi dan daya mesin yang nantinya akan dihasilkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi masalah yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Sepeda motor dengan teknologi injeksi memiliki spesifikasi rasio kompresi yang tinggi sehingga memerlukan bahan bakar dengan kualitas yang baik.
2. Keinginan konsumen yang ingin meningkatkan performa mesin tanpa harus melakukan perubahan atau penggantian komponen mesin sepeda motor.
3. Beberapa minyak atsiri yang telah diteliti dapat meningkatkan performa mesin, akan tetapi untuk minyak lada belum diteliti.
4. Belum diketahui persentase minyak lada yang akan ditambahkan untuk memperoleh torsi dan daya yang paling tinggi.

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitian ini meneliti tentang performa mesin khususnya torsi dan daya mesin sepeda motor.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah pertamax yang beredar secara umum.
3. Campuran bahan bakar yang digunakan hanya ada 4 macam campuran pertamax 100% (PP0), Pertamax 99% + Minyak Lada 1% (PP1) , Pertamax 98% + Minyak Lada 2% (PP2), Pertamax 97% + Minyak Lada 3% (PP3).
4. Mesin yang digunakan adalah mesin sepeda motor Honda Vario Techno 125 FI dengan perbandingan kompresi 11,0 : 1 dimana cocok menggunakan bahan bakar pertamax.
5. Pengujian dilakukan pada dynamometer dan diuji pada putaran 1000rpm, 1500rpm, 2000rpm, 2500rpm, 3000rpm, 3500rpm, 4000rpm , 4500rpm dan 5000rpm.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa selisih daya dan torsi mesin saat memakai PP0, PP1, PP2, dan PP3?
2. Adakah pengaruh bioaditif minyak lada pada bahan bakar pertamax terhadap performa mesin sepeda motor?
3. Komposisi mana yang menghasilkan performa yang paling tinggi pada mesin sepeda motor?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui selisih daya dan torsi mesin saat memakai PPO, PP1, PP2, dan PP3.
2. Mengetahui pengaruh bioaditif minyak lada pada bahan bakar pertamax terhadap performa mesin sepeda motor.
3. Mengetahui komposisi campuran yang menghasilkan performa yang paling tinggi pada mesin sepeda motor.

1.6 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

Manfaat praktis

1. Mengetahui pengaruh minyak lada ketika dicampurkan dengan pertamax terhadap torsi dan daya mesin.
2. Mengetahui perubahan torsi dan daya yang terjadi pada setiap variasi campuran pertamax dan minyak lada.

Manfaat teoritis

1. Menambah wawasan mengenai penambahan bioaditif minyak lada pada bahan bakar pertamax terhadap performa mesin sepeda motor khususnya torsi dan daya.

2. Menambah teori tentang minyak atsiri yang digunakan sebagai bioaditif, khususnya penggunaan minyak lada yang dapat mempengaruhi proses pembakaran bahan bakar.
3. Sebagai referensi bagi penelitian yang serupa maupun lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Winarno (2011:33) yang berjudul Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin, hasil penelitian menunjukkan bahwa pada putaran rendah hingga menengah terjadi kenaikan torsi dan daya pada mesin dari semua jenis bahan bakar campuran yang diuji dibandingkan pertamax. Torsi dan daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan persentase bioethanol sebesar 20%. Pada putaran lebih tinggi, torsi dan daya yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya bioethanol. Bahkan pada campuran 15% dan 20%, torsi yang dihasilkan cenderung lebih rendah dari bahan bakar pertamax. Pada putaran tinggi, torsi dan daya terbesar diperoleh pada bahan bakar campuran dengan persentase bioethanol 5%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hutabalian dkk. (2013:1) yang berjudul Formula Aditif Berbasis Minyak Atsiri Pada Bensin RON 88, didapat hasil uji kinerja dengan bensin ber-aditif dan bensin RON 88 sebagai referensi menunjukkan peningkatan peningkatkan torsi dan daya sebesar 1,01% dan 1,13% tepatnya pada putaran 6000rpm karena pada putaran mesin lainnya cenderung menunjukkan nilai torsi dan daya yang sama.

Morshed *et al.* (2017:68) dalam jurnalnya yang berjudul *Physicochemical Characteristics of Essential Oil of Black Pepper (Piper Nigrum) Cultivated in*

Chittagong, Bangladesh mengatakan bahwa kandungan minyak lada sebagian besar mengandung $C_{10}H_{16}$ dengan persentase total 44,8% sehingga dapat dijadikan sebagai unsur utama oleh peneliti untuk perhitungan rasio bahan bakar dan udara. Akan tetapi minyak lada juga mengandung alkohol sebanyak $62.87 \pm 0.41\%$ dimana pada penelitian Butar dan Hazwi (2014:126) yang berjudul Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol 96% Pada Bensin Terhadap Unjuk Kerja Motor Otto menunjukkan hasil daya yang lebih tinggi ketika hanya menggunakan premium murni tanpa campuran alkohol 96% dibandingkan ketika dilakukan penambahan alkohol 96% pada premium. Semakin banyak jumlah alkohol 96% yang ditambahkan maka semakin turun nilai daya, kemudian konsumsi bahan bakar semakin meningkat, efisiensi volumetris menurun, dan efisiensi *thermal brake* meningkat.

Dari beberapa penelitian di atas maka peneliti tertarik untuk meneliti tentang minyak lada, dimana pada penelitian sebelumnya belum dijumpai menggunakan minyak lada karena kandungan $C_{10}H_{16}$ yang merupakan komponen senyawa terbanyak (44,8%) dan dapat dijadikan sebagai senyawa utama dan jumlah kandungan alkohol sebanyak $62.87 \pm 0.41\%$ dimana menurut penelitian dari Butar dan Hazwi, kandungan alkohol dengan kadar 96% justru dapat menurunkan daya mesin dan campuran bahan bakar menjadi semakin kaya. Selanjutnya penggunaan minyak lada sebagai bioaditif ini masih dalam tahap asumsi dimana dengan penggunaan minyak lada pada komposisi yang tepat akan dapat meningkatkan performa, khususnya torsi dan daya mesin dengan melalui perhitungan perbandingan bahan bakar dan udara (*air-fuel ratio*).

2.2 Landasan Teori

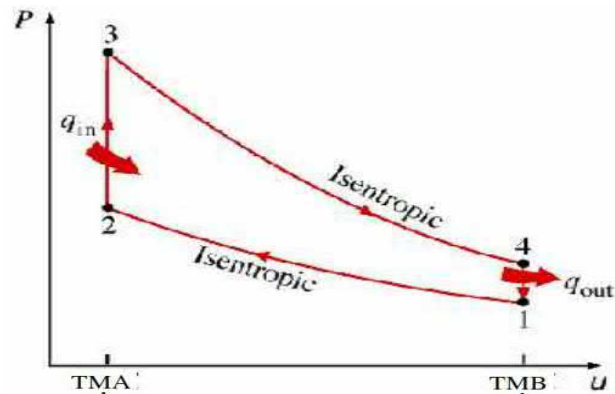
2.2.1 Motor Bakar

Motor bakar dibagi menjadi 2 berdasarkan proses pembakarannya, yaitu motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan motor pembakaran luar (*external combustion engine*). Mesin pembakaran dalam adalah mesin kalor yang mengubah energi kimia pada bahan bakar menjadi energi gerak/mechanik, biasanya diberikan pada poros *output* yang berputar Pulkrabek (1997:01). Haryono (1995: 2), motor bakar dibagi menjadi 2 berdasarkan prinsip kerjanya, yaitu motor 2 tak dan 4 tak. Dikatakan motor 2 tak karena motor ini dalam satu siklus kerja memerlukan satu kali putaran poros engkol atau dua kali langkah torak/piston, yaitu: 1) Langkah pengisian kotak engkol dan pemampatan; 2) Langkah pembilasan dan usaha; sedangkan motor 4 tak memerlukan dua kali putaran poros engkol atau empat kali langkah torak/piston, yaitu: 1) Langkah pengisian; 2) Langkah pemampatan; 3) Langkah usaha; 4) Langkah pembuangan.

Siklus Otto pada mesin bensin disebut juga dengan siklus volume konstan, dimana pembakaran terjadi pada saat volume konstan. Pada mesin bensin dengan siklus Otto dikenal dua jenis mesin, yaitu mesin 4 langkah (*four stroke*) dan 2 langkah (*two stroke*) (Kurdi dan Arijanto,2007:55).

- (1) Langkah isap ($0 \rightarrow 1$) merupakan proses tekanan konstan.
- (2) Langkah kompresi ($1 \rightarrow 2$) merupakan proses adiabatik.
- (3) Proses pembakaran volume konstan ($2 \rightarrow 3$) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- (4) Langkah kerja ($3 \rightarrow 4$) merupakan proses adiabatik.

- (5) Proses pembuangan kalor ($4 \rightarrow 1$) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan.
- (6) Langkah buang ($1 \rightarrow 0$) merupakan proses tekanan konstan, gas pembakaran dibuang lewat katup buang. (Rahardjo,2014:15)



Gambar 2.1 Siklus *Otto Internal Combustion Engine* (Rahardjo,2014:16)

Menurut Kusuma dkk (2017:187), pembakaran suatu mesin normal apabila perambatan nyala apinya merata, sedangkan pembakaran yang tidak normal apabila pembakaran tidak merata sehingga dapat menurunkan kinerja mesin serta kerusakan pada area ruang bakar, yang salah satu penyebabnya adalah ketidaksesuaian antara rasio kompresi dengan nilai oktan bahan bakar dan dapat menimbulkan detonasi berupa waktu pembakaran yang tidak tepat.

2.2.2 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. Jika ditinjau menurut asalnya, bahan bakar digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu (1) bahan bakar nabati, (2) bahan bakar mineral dan (3) bahan bakar fosil. Sedangkan ditinjau menurut bentuknya, maka bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu bahan bakar berbentuk (1) bahan bakar padat, (2) bahan bakar cair dan (3) bahan bakar gas (Suprptono,2004:6). Berdasarkan

kemudahan atau kesulitan yang terjadi pembakaran secara alami (*autoignition*), kualitas bahan bakar ditentukan oleh angka oktan atau oktan saja.

Angka oktan bahan bakar diperoleh dengan cara membandingkan sifat pembakaran secara alami (*self-ignition characteristics*) suatu bahan bakar terhadap bahan bakar standar yang digunakan dalam mesin uji khusus pada kondisi operasi tertentu (Pulkrabek,1997:143). Oktan dicampurkan ke dalam bensin berfungsi untuk mencegah agar jangan cepat terbakar. Pada mesin, waktu pembakaran (pengapian) telah ditentukan berdasarkan siklus atau langkah kerja mesin. Besar angka oktan bahan bakar dapat diukur dengan mesin CFR (*Coordinating Fuel Research*). Sebagai contoh premium mempunyai *Research Octane Number* (RON) sebesar 88 dan pertamax mempunyai *Research Octane Number* (RON) sebesar 92 (Mulyono dkk,2014:30).

Benzena (C_6H_6) adalah senyawa siklis dengan enam atom karbon bergabung menjadi sebuah lingkaran. Setiap atom karbon hibridasi sp^2 dan lingkarannya planar. Setiap atom karbon mempunyai satu atom hidrogen yang melekat, dan setiap atom karbon juga mempunyai sebuah orbital p yang tidak terhibridasi tegak lurus pada rangkaian dari ikatan sigma pada lingkaran/cincin (Fessenden dan Fessenden,1986: 70). Benzena hanya salah satu jenis dari senyawa aromatik, yaitu senyawa yang mengandung awan π (Fessenden dan Fessenden,1986:71).

Bahan bakar yang umum digunakan pada sepeda mesin adalah bensin. Unsur utama bensin adalah *carbon* (C) dan *hidrogen* (H). Bensin terdiri dari *octane* (C_8H_{18}) dan *nephane* (C_7H_{16}). Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas; yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang

merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan *volatility* yang mengukur seberapa mudah bensin akan menguap pada suhu rendah. Dua hal tadi perlu dipertimbangkan karena semakin naik kalor, *volatility*-nya akan turun, padahal *volatility* yang rendah dapat menyebabkan bensin susah terbakar (Jama dan Wagino, 2008:246).

Menurut Lewerissa (2011:138), terdapat 7 karakteristik umum yang perlu diketahui untuk menilai bahan bakar, yaitu: 1) Viskositas, atau angka untuk menyatakan perlawanan bahan cair untuk mengalir. Semakin besar viskositas maka semakin kental bahan bahan cair tersebut.; 2) Angka oktan atau kecenderungan bensin untuk memberikan ketukan di dalam mesin.; 3) Densitas atau perbandingan massa bahan cair tiap satuan volume.; 4) Volatila atau kecenderungan bahan bakar untuk menguap.; 5) Titik tuang atau angka yang menyatakan suhu terendah bahan bakar untuk dapat mengalir.; 6) Titik bakar atau temperatur terendah dimana uap dapat dinyalakan dan terbakar ketika dilakukan uji nyala.; 7) Warna untuk membedakan jenis-jenis bahan bakar.

Pertamax, seperti halnya Premium adalah produk BBM dari pengolahan minyak bumi. Pertamax dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Pertamax pertama kali diluncurkan pada tahun 1999 sebagai pengganti Premix 98 karena unsur MTBE yang berbahaya bagi lingkungan (Wahjudi, 2017:2). Rumus kimia untuk premium adalah C_8H_{18} dan pertamax adalah $C_{10}H_{24}$ (Putra,2017:1392). Jika C_8H_{18} diuraikan maka atom karbonnya ada 8 dan atom hidrogen ada 18. Untuk $C_{10}H_{24}$ apabila diuraikan maka atom karbonnya ada 10 dan atom hidrogen ada 24. Dari rumus kimia nilai

hidrogen pertamax lebih tinggi dari premium sehingga pertamax lebih efisien, ramah lingkungan, dan lebih irit. (Suprpto,2004:51).

Tabel 2.1 Karakteristik Pertamax

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode	Lain
			MIN	MAKS	ASTM	
1	Angka Oktana Riset	RON	92.0	-	D 2699-86	
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-	D 525-99a	
3	Kandungan Belerang	% m/m	-	0.05 ¹⁾	D 2622/D 1266	
4	Kandungan Timbal	gr/liter	-	0.013 ²⁾	D 3237/D 5069	
5	Kandungan Fosfor	mg/l	-	-	D 3231 – 99	
6	Kandungan Logam (Mn, Fe, dll)	mg/l	-	-	D 3831 – 94	
7	Kandungan Silikon	mg/kg	-	-	ilCP-AES (Merujuk Metode in house dengan batasan deteksi = 1mg/kg)	
8	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7 ³⁾	D 4815-94a	
9	Kandungan Olefin	% v/v	-	*)	D 1319-99	
10	Kandungan Aromatik	% v/v	-	50.0	D 1319-99	
11	Kandungan Benzena	% v/v	-	5.0	D 4420-94	
12	Distilasi				D 86-99a	
	10% vol penguapan	°C	-	70		
	50% vol penguapan	°C	-	110		
	90% vol penguapan	°C	-	180		
	Titik didih akhir	°C	-	215		
	Residu	% v/v	-	2.0		
13	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452-97	
14	<i>Unwashed Gum</i>	mg/100ml	-	70	D 381-99	
15	<i>Washed Gum</i>	mg/100ml	-	5	D 381-99	
16	Tekanan Uap	kPa	45	60	D 5191-99 atau D323	
17	Berat jenis (pada suhu 15°C)	kg/m ³	715	770	D 4052 atau D 1298	
18	Korosi Bilah Tembaga	Menit	Kelas I		D 130-94	
19	Uji Doctor		negatif			IP 30
20	Belerang Mercaptan	% massa	-	0.002	D 3227	
21	Penampilan Visual		Jernih dan terang			
22	Warna		Biru			
23	Kandungan Pewarna	g/100l	-	0.13		

Sumber: <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/24240/pertamax.pdf>

2.2.3 Aditif Bahan Bakar

Dalam sejarah, *tetraethyllead* (TEL) ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan nilai ekonomisnya dan berhasil dengan baik, akan tetapi TEL sangat beracun dan berdampak buruk bagi lingkungan. Dengan demikian, bensin dengan timbal dihilangkan berangsur-angsur di negara berkembang tahun 1980-an, dan sejak tahun 2000 telah dilarang di China. Sejak saat itu, *methyl tertiary butyl ether* (MTBE) secara luas telah digunakan pada bensin karena kemampuannya meningkatkan angka oktan dan nilai ekonomis bahan bakar, serta menurunkan emisi CO dan THC (Franklin *et al.* dalam Chunde *et al.*,2008:1178). Akan tetapi MTBE dapat dengan mudah meracuni udara dan tanah sehingga telah dilarang di Amerika. Disamping MTBE, jenis zat alkohol lain dan ether seperti *ethyl tert butyl ether* (ETBE), methanol, ethanol, dan lain-lain juga dapat meningkatkan karakteristik bahan bakar. Tetapi penggunaan besar ethanol dapat mempengaruhi keamanan pangan dunia, dan penggunaan methanol saat penyalaan pada kondisi dingin menghasilkan emisi lebih banyak dari methanol dan aldehida yang tidak terbakar (Taljaard *et al.* dalam Chunde *et al.*,2008:1178).

Bioaditif adalah bahan kimia yang berfungsi untuk menjadikan performa mesin lebih baik, dengan meningkatkan karakteristik bahan bakar, membersihkan bagian-bagian mesin, mengurangi rasio konsumsi dan menurunkan gas rumah kaca (Yee *et al.* dalam Cornejo *et al.*,2017:1401). Sedangkan Basha *et al.* (dalam Celik *et al.*,2015:100) mengatakan bahwa penggunaan aditif dapat meningkatkan karakteristik bahan bakar dalam performa, pembakaran, dan emisi. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa aditif mengurangi waktu tunda pengapian

dan konsumsi bahan bakar spesifik dan peningkatan nilai kalor bahan bakar. Zat aditif merupakan bahan yang ditambahkan pada bahan bakar kendaraan bermotor, baik mesin bensin maupun mesin diesel. Zat aditif digunakan untuk memberikan peningkatan sifat dasar tertentu yang telah dimilikinya seperti aditif *anti knocking* untuk bahan bakar mesin bensin. Angka oktan bisa ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif bensin. Juga untuk meningkatkan kemampuan bertahan terhadap terjadinya oksidasi pada pelumas (Hardjono dalam Saputra dkk,2013:40).

2.2.4 Minyak Lada

Bagian tanaman wangi yang dapat dipisahkan dari material tanaman lain dengan distilasi uap disebut dengan minyak esensial/atsiri. Kebanyakan minyak esensial, seperti yang dimiliki oleh bunga digunakan pada pengharum/parfum (Fessenden dan Fessenden,1986:944). Minyak atsiri lazim juga dikenal dengan nama minyak mudah menguap atau minyak terbang. Pengertian atau definisi minyak atsiri merupakan senyawa, yang ada umumnya berwujud cairan, yang diperoleh dari bagian tanaman, akar, kulit, batang, daun, buah, biji maupun dari bunga dengan cara penyulingan dengan uap. Meskipun kenyataan untuk memperoleh minyak atsiri dapat juga diperoleh dengan cara lain seperti dengan cara ekstraksi dengan menggunakan pelarut organik maupun dengan cara dipres atau dikempa dan secara enzimatik (*Encyclopedia of Chemical Technology* dalam Sastrohamidjojo,2002:2). Minyak lada merupakan hasil penyulingan dari buah lada yang sudah masak untuk diambil minyaknya, senyawa terbesar minyak lada

adalah senyawa terpenoid yaitu monoterpen ($C_{10}H_{16}$) dengan total persentase 44,8% pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Analisis GC/MS dari minyak lada

No.	Compound	Retention time	%	Formula	Molecular weight
1	α -phellandrene	2.317	0.40	$C_{10}H_{16}$	136
2	Camphene	2.693	0.13	$C_{10}H_{16}$	136
3	Sabinene	2.752	2.98	$C_{10}H_{16}$	136
4	β -pinene	2.869	8.00	$C_{10}H_{16}$	136
5	α -pinene	2.974	6.32	$C_{10}H_{16}$	136
6	3-Carene	3.181	7.08	$C_{10}H_{16}$	136
7	Trifluoromethane sulfenyl fluoride	3.253	2.14	CF_4O_2S	152
8	(+)-Camphene	3.308	8.44	$C_{10}H_{16}$	136
9	o-Cymene	3.376	0.63	$C_{10}H_{14}$	134
10	Limonene	3.588	9.74	$C_{10}H_{16}$	136
11	β -phellandrene	3.623	0.94	$C_{10}H_{16}$	136
12	Gamma-terpinene	3.998	0.11	$C_{10}H_{16}$	136
13	Terpinolene	4.414	0.30	$C_{10}H_{16}$	136
14	Terpinolene	4.500	0.36	$C_{10}H_{16}$	136
15	Linalol	4.584	0.15	$C_{10}H_{18}O$	154
16	4-terpineol	6.364	0.15	$C_{10}H_{18}$	154
17	Delta-Elemene	9.209	0.65	$C_{15}H_{24}$	204
18	Copaene	9.939	0.70	$C_{15}H_{24}$	204
19	β -Elemene	10.142	1.15	$C_{15}H_{24}$	204
20	α -Bergamotene	10.540	0.62	$C_{15}H_{24}$	204
21	Caryophyllene	10.755	19.12	$C_{15}H_{24}$	204
22	α -Caryophyllene	11.265	1.83	$C_{15}H_{24}$	204
23	α -Curcumene	11.566	0.41	$C_{15}H_{22}$	202
24	Cedrene	11.640	0.64	$C_{15}H_{24}$	204
25	β -Bisabolene	11.967	1.65	$C_{15}H_{24}$	204
26	(+)-delta-Cadinene	12.145	0.32	$C_{15}H_{24}$	204
27	Caryophyllene oxide	13.162	1.78	$C_{15}H_{24}O$	220
28	Spathulenol	13.729	0.44	$C_{15}H_{24}O$	220
29	α -Bisabolol	14.498	0.41	$C_{15}H_{26}O$	222
30	2-Undecanone	12.643	0.10	$C_{11}H_{22}O$	170

Sumber: (Morshed *et al.*,2017:68)

Pada tabel 2.3 menjelaskan tentang komposisi kimia yang terdapat pada minyak lada dimana memiliki kandungan alkohol $62,87 \pm 0.41\%$, yang disinyalir

oleh peneliti justru dapat menurunkan torsi dan daya mesin menurut penelitian yang dilakukan oleh Butar dan Hazwi (2014:126) yang menggunakan alkohol dengan kadar 96%.

Tabel 2.3 Komposisi kimia minyak lada

Characteristics	Results
Acid value	0.37±0.55
Aldehyde value	38.83±0.76
Alcohol content	62.87±0.41%
Ester number after acetylation	195.56±0.66
Phenol content	78±0.12%

Sumber: (Morshed *et al.*,2017:68)

Minyak lada memiliki berat jenis 0,882 (pada tabel 2.4), dimana lebih berat dibandingkan dengan pertamax yang memiliki berat jenis 0,715-0,770 (pada tabel 2.1). Berat jenis disebut juga grafitasi jenis atau specific gravity, adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat dari air dalam volume yang sama, dengan suhu yang sama pula (60° F). Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai berat jenis antara 0,82 – 0,96 dengan kata lain minyak lebih ringan dari pada air(Supraptono,2004:26).

Dalam perdagangan international, berat jenis dinyatakan dalam API *Grafity* atau derajat API (*American Petroleum Institute*).

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{\text{berat jenis } 60/60^{\circ}F} - 131,5$$

API menunjukkan kualitas dari minyak tersebut, makin kecil berat jenis atau makin tinggi derajat API berarti makin baik pula kualitasnya, karena lebih banyak mengandung bensin. Sebaliknya jika semakin rendah derajat API maka mutu minyak tersebut kurang baik karena banyak mengandung lilin/aspal residu (Supraptono,2004:26).

Tabel 2.4 Sertifikat analisis (COA) minyak lada hitam

Specifications	Value
Color	Clear pale yellow-green
Specific Gravity (25 ⁰ C)	0,882
Acid Value	3,2
Refractive Index (20 ⁰ C)	1,479
Optical Rotation (α) D	-13
Solubility in Alcohol	1:3
Boiling Point (⁰ C)	166
Fatty Oil	Negative

Sumber: CV Pavettia Atsiri

Minyak lada juga memiliki kandungan alkohol (Tabel 2.3) sebesar $62,87 \pm 0,41\%$ dimana dengan semakin bertambahnya jumlah alkohol pada bahan bakar premium maka campuran AFR akan menjadi kaya, hal ini sama dengan hasil perhitungan AFR oleh Butar dan Hazwi (2014:132) bahwa semakin banyak alkohol yang ditambahkan ke dalam bahan bakar maka nilai AFR akan menjadi semakin kaya (Tabel 2.5).

Putaran (rpm)	Tabel 2.5 Hasil Perhitungan Perbandingan AFR			
	Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR)			
	Premium	PA-5	PA-7	PA-9
1500	11,30	10,43	10,01	9,81
2000	12,92	11,66	11,45	10,85
2500	13,14	11,83	11,53	10,92
3000	13,60	12,60	12,03	11,80
3500	14,30	12,87	11,97	11,22

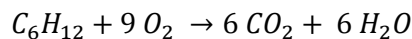
Sumber: (Butar dan Hazwi, 2014:132)

2.2.5 Reaksi Pembakaran dan AFR

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen diiringi kenaikan panas dan nyala. Pada pembakaran dalam silinder motor, pembentukan panas itulah yang dibutuhkan. Hasil-hasil reaksi kimia dibuang sebagai asap, dan tenaga panas itu selanjutnya akan diubah menjadi tenaga mekanis (Suyatno,2010:24). Ranzi *et. al.* dalam Suarta dkk.(2016:7) mengatakan bahwa sifat kinetik bahan bakar merujuk pada nilai kalor, panjang rantai

hidrokarbon, dan struktur molekul dari bahan bakar. Panjang pendeknya rantai hidrokarbon berbanding terbalik dengan kecepatan pembakaran dan berbanding lurus terhadap nilai kalor, artinya semakin panjang rantai hidrokarbon maka akan semakin menurun kecepatan pembakarannya dan semakin tinggi nilai kalornya.

Perhitungan pembakaran sempurna untuk sikloheksana (C_6H_{12})



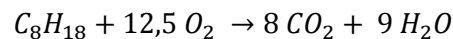
$$Mr O_2 = 9 \times 2 \times 16 = 288 ; Mr C_6H_{12} = (6 \times 12) + (12 \times 1) = 84$$

$$Perbandingan Oksigen murni dan Sikloheksana \rightarrow \frac{288}{84} = 3,4$$

$$Kadar massa oksigen murni di udara adalah 23% \rightarrow 3,4 \times \frac{100}{23} = 14,782$$

$$Perbandingan massa udara dan sikloheksana \rightarrow \mathbf{14,782 : 1}$$

Perhitungan pembakaran sempurna untuk premium (C_8H_{18})



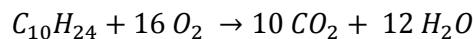
$$Mr O_2 = 12,5 \times 2 \times 16 = 400 ; Mr C_8H_{18} = (8 \times 12) + (18 \times 1) = 114$$

$$Perbandingan Oksigen murni dan Premium \rightarrow \frac{400}{114} = 3,5$$

$$Kadar massa oksigen murni di udara adalah 23% \rightarrow 3,5 \times \frac{100}{23} = 15,217$$

$$Perbandingan massa udara dan bahan bakar premium \rightarrow \mathbf{15,217 : 1}$$

Perhitungan pembakaran sempurna untuk pertamax ($C_{10}H_{24}$)



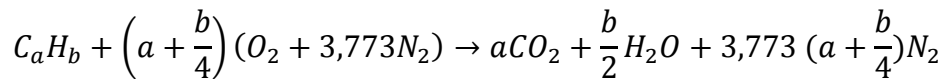
$$Mr O_2 = 16 \times 2 \times 16 = 512 ; Mr C_{10}H_{24} = (10 \times 12) + (24 \times 1) = 144$$

$$Perbandingan Oksigen murni dan Pertamax \rightarrow \frac{512}{144} = 3,55$$

$$Kadar massa oksigen murni di udara adalah 23% \rightarrow 3,55 \times \frac{100}{23} = 15,435$$

$$Perbandingan massa udara dan bahan bakar pertamax \rightarrow \mathbf{15,435 : 1}$$

Reaksi pembakaran hidrokarbon secara teoritis menurut Kurdi dan Arijanto (2007:56) adalah sebagai berikut:



Udara sangat dibutuhkan dalam proses pembakaran karena dalam udara terdapat zat pembakar. Udara tidak hanya terdiri dari zat pembakar (zat asam) saja tetapi juga gas lain. Prosentase menurut volume gas-gas yang terkandung pada udara: a) zat pembakar (zat asam) ± 21 %; b) zat lemas (nitrogen) ± 79 %; c) gas + kotoran ± 1 %. Prosentase menurut beratnya gas-gas yang terkandung dalam udara: a) zat pembakar (zat asam) $\pm 23,2$ %; b) zat lemas (nitrogen) $\pm 76,8$ %; c) gas lain + kotoran ± 1 %. Udara yang dimasukkan untuk proses pembakaran harus sesuai dengan kebutuhan agar didapat campuran yang baik antara bahan bakar dan udara. Oleh karena itu mengetahui kebutuhan udara dalam proses pembakaran merupakan hal yang sangat penting. (Suprpto,2004:41).

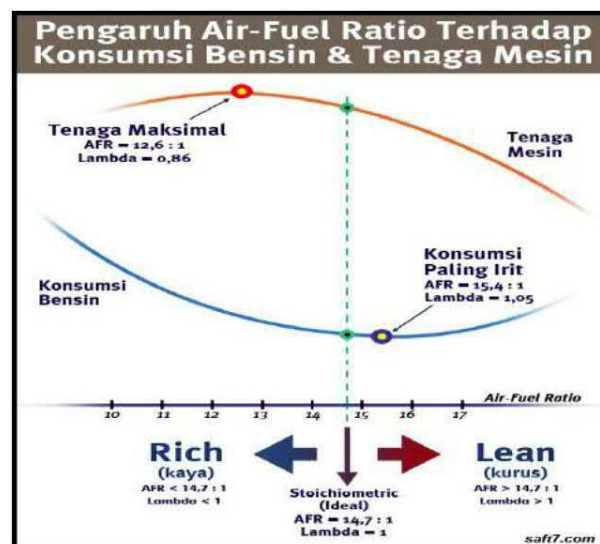
Air Fuel Ratio (AFR) merupakan perbandingan antara udara dengan bahan bakar/bensin dengan perbandingan tertentu. AFR secara ideal memiliki perbandingan 14,7:1. Kondisi ini memiliki karakteristik yaitu pembakaran dalam engine yang paling optimal, performa engine baik, dan emisi gas buang rendah (Heywood dalam Munahar dkk.,2015:2). *Stoichiometry* menurut Munahar dkk (2015:2), merupakan kondisi sistem campuran yang ideal antara udara dengan bahan bakar. Campuran bahan bakar dengan udara pada pada kondisi ini tenaga mesin menjadi optimal, emisi gas buang rendah serta efisiensi bahan bakar dapat meningkat. Berdasarkan pengukuran, AFR *stoichiometry* pada kendaraan nyata

akan tercapai suhu kerja, kendaraan berjalan di jalan rata serta kecepatan kendaraan berkisar 50 km/jam. Rumus mencari AFR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 AFR &= \frac{\text{jumlah mol udara} \times \text{massa molar udara}}{\text{jumlah mol bahan bakar} \times \text{massa molar bahan bakar}} \\
 &= \frac{\left(a + \frac{b}{4}\right) \times (1 \text{ mol } O_2 + 3,773 \text{ mol } N_2)}{(c \times \text{mol } C_d H_e) + (f \times \text{mol } C_g H_h)} = \frac{\left(a + \frac{b}{4}\right) \times (1(2)(16) + 3,773(2)(14))}{(c \times \text{mol } C_d H_e) + (f \times \text{mol } C_g H_h)} \\
 &= \frac{\left(a + \frac{b}{4}\right) \times 137,65}{(c \times \text{mol } C_d H_e) + (f \times \text{mol } C_g H_h)}
 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh daya maksimum dari suatu operasi hendaknya komposisi gas pembakaran dari silinder (komposisi gas hasil pembakaran) dibuat seideal mungkin, sehingga tekanan gas hasil pembakaran bisa maksimal menekan torak dan mengurangi terjadinya detonasi. Komposisi bahan bakar dan udara dalam silinder akan menentukan kualitas pembakaran dan akan berpengaruh terhadap performance mesin dan emisi gas buang (Rosid, 2016:89).

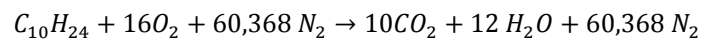
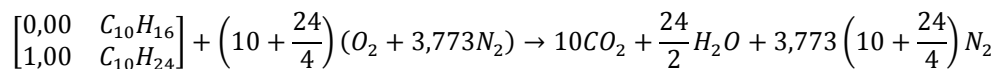
2.2.6 Campuran Minyak Lada dengan Pertamina



Gambar 2.2 Pengaruh *Air-Fuel Ratio* Terhadap Konsumsi Bensin dan Tenaga Mesin (<http://www.saft7.com/suhu-tepat-bbm-hemat/>)

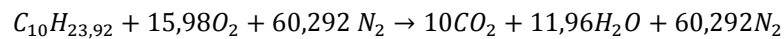
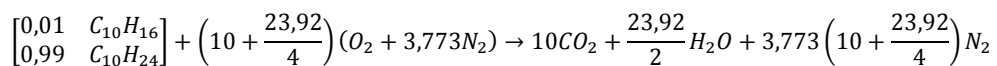
Sesuai dengan Gambar 2.2 merupakan kondisi stoikiometri dari sikloheksana (C_6H_{12}), sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi stoikiometri merupakan kondisi diperolehnya tenaga dan konsumsi bahan bakar yang optimal, dengan tenaga yang hampir mencapai maksimal dan konsumsi bahan bakar yang tidak terlalu boros. Namun dengan apabila AFR dibuat lebih kurus dari kondisi stoikiometri, tenaga mesin akan menurun diakibatkan sedikitnya bahan bakar yang masuk ke ruang bakar sehingga tidak banyak energi yang dapat dihasilkan, selanjutnya semakin kaya AFR maka akan konsumsi bahan bakar akan menjadi boros dan semakin lama tenaga mesin akan menurun, akan tetapi pada titik AFR tertentu justru akan didapatkan tenaga maksimal.

1) Campuran PP0 (Pertamax 100%)



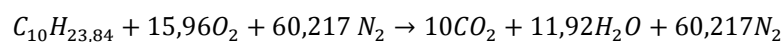
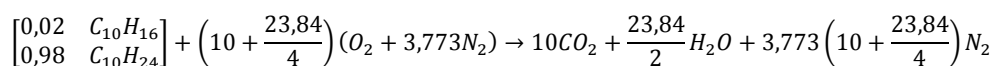
$$AFR = \frac{16 \times 137,65}{(0,00 \times \text{mol } C_{10}H_{16}) + (1,00 \times \text{mol } C_{10}H_{24})} = \frac{2202,4}{144} = \mathbf{15,295 : 1}$$

2) Campuran PP1 (Pertamax 99% + Minyak Lada 1%)



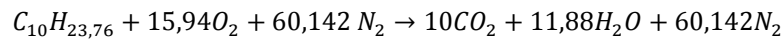
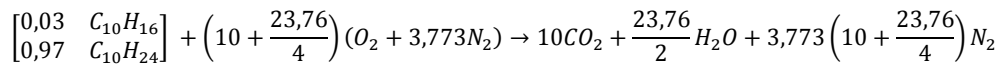
$$AFR = \frac{15,98 \times 137,65}{(0,01 \times \text{mol } C_{10}H_{16}) + (0,99 \times \text{mol } C_{10}H_{24})} = \frac{2199,65}{143,92} = \mathbf{15,284 : 1}$$

3) Campuran PP2 (Pertamax 98% + Minyak Lada 2%)



$$AFR = \frac{15,96 \times 137,65}{(0,02 \times \text{mol } C_{10}H_{16}) + (0,98 \times \text{mol } C_{10}H_{24})} = \frac{2196,9}{143,84} = \mathbf{15,273 : 1}$$

4) Campuran PP3 (Pertamax 97% + Minyak Lada 3%)



$$AFR = \frac{15,94 \times 137,65}{(0,03 \times \text{mol } C_{10}H_{16}) + (0,97 \times \text{mol } C_{10}H_{24})} = \frac{2194,14}{143,76} = \mathbf{15,263 : 1}$$

Menurut perhitungan diatas, dengan semakin banyak kadar minyak lada yang ditambahkan pada bahan bakar pertamax akan memperkaya perbandingan AFR yang ada. Penurunan AFR sebesar 0,01 untuk setiap 1% minyak lada yang ditambahkan pada bahan bakar pertama, yang mana sesuai gambar 2.2 akan terjadi peningkatan tenaga ketika ketika AFR menuju ke kiri (semakin kaya). Pertamax yang memiliki berat jenis 0,715-0,770 gr/cm³ dan minyak lada yang memiliki berat jenis 0,882 gr/cm³ tentunya akan mempengaruhi proses pembakaran bahan bakar, semakin banyak jumlah minyak lada yang ditambahkan maka berat jenis dari bahan bakar akan menjadi lebih berat. Suprptono (2004:27-28) mengatakan semakin tinggi berat jenis yang dimiliki oleh bahan bakar maka nilai derajat API akan semakin besar/tinggi, dan umumnya makin tinggi derajat API, semakin kecil viskositasnya dan memiliki titik nyala yang rendah, semakin tinggi berat jenis akan semakin rendah nilai kalorinya.

2.2.7 Parameter Performa Mesin

Performa suatu mesin adalah kemampuan yang dimiliki oleh suatu mesin dalam memanfaatkan hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi yang dapat digunakan oleh mesin itu sendiri.

1) Torsi

Menurut Raharjo (2014:23-24), torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari jari sebar b , dengan data tersebut torsinya adalah sebagai berikut:

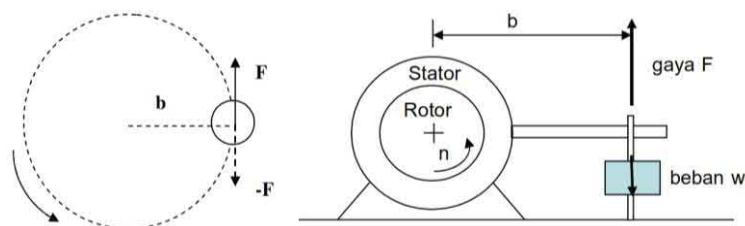
$$T = F \times b \text{ (Nm)}$$

dengan T = Torsi benda berputar (N.m)

F = adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan.



Gambar 2.3 Skema Pengujian Torsi

2) Daya

Daya indikator adalah merupakan sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Mesin selama bekerja mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu dengan lainnya membentuk kesatuan yang kompak. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi daya indikator. Sebagai contoh pompa air untuk sistim

pendingin, pompa pelumas untuk sistem pelumasan, kipas radiator, dan lain lain, komponen ini biasa disebut asesoris mesin. Asesoris ini dianggap parasit bagi mesin karena mengambil daya dari daya indikator. (Raharjo, 2014:25)

$$P(kW) = \frac{2. \pi. n. T}{60000}$$

Dimana : P = daya (satuan utama kiloWatt)

T = Torsi (Nm)

n = putaran mesin (*rpm*)

(Mulyono dkk.,2014:31)

Menurut Sukhaemi dkk. (2016:1-2), performa mesin juga dipengaruhi oleh penggunaan bahan bakar yang cocok untuk spesifikasi mesin, dimana mesin dengan teknologi EFI (*Electronic Fuel Injection*) dan memiliki *Compression Ratio* (CR) yang tinggi diharuskan memakai bensin tanpa timbal seperti pertamax dan pertamax plus.

2.3 Hipotesis

Performa mesin suatu kendaraan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain volume/kapasitas mesin, perbandingan kompresi, perbandingan campuran bahan bakar dan udara, serta jenis bahan bakar yang digunakan. Minyak lada yang ditambahkan pada pertamax untuk sedikit memperkaya AFR diasumsikan dapat meningkatkan performa mesin. Berdasarkan hal tersebut dapat dimunculkan hipotesis bahwa dengan adanya penambahan bioaditif minyak lada (*pepper oil*) pada bahan bakar pertamax dapat meningkatkan performa mesin dengan melihat pada torsi dan daya yang dihasilkan masing-masing campuran bahan bakar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan hasil yang didapatkan, penulis dapat menyimpulkan beberapa hal diantaranya:

1. Selisih nilai torsi tertinggi terjadi pada putaran 1000 rpm untuk campuran PP2 dengan PP0 yaitu 2,61 Nm atau 7,77 %, untuk campuran PP3 dengan PP0 sebesar 1,86 Nm atau 5,54%, untuk campuran PP1 dengan PP0 sebesar 1,83 Nm atau 5,46%. Sedangkan untuk selisih pada putaran lainnya hanya mempunyai selisih yang sangat sedikit. Untuk selisih nilai daya tertinggi terjadi pada putaran 1000 rpm untuk campuran PP2 dengan PP0 yaitu 7,86% atau 0,37 HP.
2. Adanya pengaruh penggunaan minyak lada sebagai bioaditif untuk meningkatkan torsi dan daya mesin sepeda motor pada campuran PP1, PP2 dan PP3, dimana terjadi kenaikan torsi dan daya setiap penambahan minyak lada walaupun tidak secara merata. Penggunaan minyak lada berpengaruh terhadap torsi dan daya pada sepeda motor. Torsi tertinggi diperoleh pada campuran PP0 pada putaran 1500rpm dengan nilai 41,20 Nm. Untuk daya tertinggi yang didapat sebesar 9,57 HP pada putaran 4000rpm pada bahan bakar PP2 dan PP3.
3. Untuk komposisi bahan bakar yang dianjurkan adalah menggunakan bahan bakar PP2 dimana memperoleh nilai torsi dan daya yang tertinggi daripada

campuran PP0, PP1, dan PP3, meskipun pada putaran 2500, 4000, dan 5000rpm nilai torsi dan daya tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar PP3.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka peneliti sarankan beberapa hal:

1. Penggunaan minyak lada yang dianjurkan adalah menggunakan campuran PP2 karena kenaikan torsi dan daya yang lebih stabil pada putaran bawah sampai dengan menengah, akan tetapi apabila ingin mendapatkan torsi dan daya yang lebih baik pada putaran tinggi maka disarankan menggunakan campuran PP3.
2. Perlunya penelitian yang lebih lanjut mengenai penggunaan minyak lada yang digunakan dalam mesin kendaraan, atau dapat dilakukan penelitian untuk mesin pembakaran dalam jenis yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Butar, M. B. dan M. Hazwi. 2014. Pengaruh Variasi Penambahan Alkohol 96% pada Bensin Terhadap Unjuk Kerja Motor Otto. *Jurnal e-Dinamis* 10(2):126-134.
- Celik, M., H. Solmaz, dan H. S. Yücesu. 2015. Examination of the Effects of Organic Based Manganese Fuel Additive on Combustion and Engine Performance. *Fuel Processing Technology* 139:100–107.
- ChunDe, Y., Z. ZhiHui, X. YuanLi dan H. Yu. 2008. Experimental Investigation of Effects of Bio-Additives on Fuel Economy of The Gasoline Engine. *Science in China Series E: Technological Sciences* 51(8):1177-1185
- Cornejo, A., I. Barrio, M. Campoy, J. Lazaro, dan B. Navarrete. 2017. Oxygenated Fuel Additives from Glycerol Valorization. Main Production Pathways and Effects on Fuel Properties and Engine Performance: A Critical Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79:1400-1413.
- CV Pavettia Atsiri. *n.d. Certificate of Analysis (COA) blackpepper oil Pavettia Essential Oil*
- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1986 . *Organic Chemistry Third Edition*. California: Brooks/Cole Publishing Company.
- Harga Mobil dan Motor. 2018. Spesifikasi Motor Honda Vario Techno 125 dan CBS. <https://distributorbanradial.com/sepeda-motor/spesifikasi-motor-honda-vario-techno-125-dan-cbs/>. 20 Maret 2018 (19:00).
- Haryono, G. 1995. Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar. Semarang: CV. Aneka Ilmu.
- Honda Cengkareng Motor. 2016. Tabel Bahan Bakar Ideal Motor Honda Sesuai Rasio Kompresi Mesin. <https://www.hondacengkareng.com/faq/tabel-bahan-bakar-ideal-motor-honda-sesuai-rasio-kompresi-mesin/>. 20 Maret 2018 (19:35).
- Hutabalian, Y., Sutanto, R. Anggaraini. 2013. Formula Aditif Berbasis Minyak Atsiri Pada Bensin RON 88. *Jurnal FMIPA Unpak* 1: 1-12.
- Jama, J dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid I*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

- Jama, J dan Wagino. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid II*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Kadarohman, A. 2009. Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. *Jurnal Pengajaran MIPA* 14(2):121-141.
- Kurdi, O. dan Arijanto. 2007. Aspek Torsi dan Daya Pada Mesin Sepeda Motor 4 Langkah dengan Bahan Bakar Campuran Premium-Ethanol. *Jurnal ROTASI* 9(2):54-60.
- Kusuma, P.G.G., A. Ghurri dan I. M. Astika. 2017. Pengaruh Penggunaan Octane Booster Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Bensin Empat Langkah. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika* 6(2):186-192.
- Lewerissa, Y.J.. 2011. Pengaruh Campuran Bahan Bakar dan Etanol Terhadap Prestasi Mesin Bensin. *Jurnal ARIKA* 5(2) :137-146.
- Morshed, S., M.D. Husain, M. Ahmad dan M. Junayed. 2017. Physicochemical Characteristics of Essential Oil of Black Pepper (*Piper nigrum*) Cultivated in Chittagong, Bangladesh. *Journal of Food Quality and Hazards Control* 4:66-69.
- Mulyono, S., Gunawan dan B. Maryanti. 2014. Pengaruh Penggunaan Dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Premium Dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin *Jurnal Teknologi Terpadu* 2(1):28-35.
- Munahar, S., A. Triwiyatno, J.D. Setiawan. 2015. Strategi Peningkatan Model Air to Fuel Ratio (AFR) dan Brake Control System Pada Mesin Bensin. *Prosiding SEMNAS Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-21:1-6*.
- Pertamina. n.d. Spesifikasi Pertamina. <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/24240/pertamax.pdf/>. 20 Maret 2018 (19:00).
- PT Karana Digi Aplikasi. 2005. Suhu Tepat, BBM Hemat. <http://www.saft7.com/suhu-tepat-bbm-hemat/>. 20 Maret 2018 (19:00).
- Pulkrabek, W. W. 1997. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- Putra, A.P., R. Nugraha dan P. Pangaribuan. 2017. Pendeteksi Kemurnian Bensin C₈H₁₈ dan C₁₀H₂₄ di SPBU Pertamina Berbasis Sensor Warna Portabel. *E-Proceeding of Engineering* 4(2):1392-1401.

- Rahardjo, W. D. 2014. *Buku Ajar Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Rosid. 2016. Analisa Proses Pembakaran Pada Motor Bensin 113,5 cc Dengan Simulasi ANSYS. in Bensin. *Jurnal Teknologi UMJ* 8(2):88-97.
- Rusmono, A. Farid, dan A. Suyatno. 2016. Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Injeksi. *Widya Teknika* 24(2):45-49.
- Saputra, W. E., H. Burhanuddin, dan M. D. Susila ES. 2013. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Alami Pada Bensin Terhadap Prestasi Sepeda Motor 4-Langkah. *Jurnal FEMA* 1(1):39-47.
- Sastrohamidjojo, H. 2002. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suarta, I.M., I.N.G. Wardana, N. Hamidi dan W. Wijayanti. 2016. The Role of Hydrogen Bonding on Laminar Burning Velocity of Hydrous and Anhydrous Ethanol Fuel with Small Addition of n-Heptane. *Journal of Combustion*:1-9.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan, Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukhaemi, A., Sumarli dan Widiyanti. 2016. Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Bahan Bakar Premium Dengan Pertamina 92 Terhadap Daya dan Emisi Gas Buang Pada Honda Vario Techno 125. *Jurnal Teknik Mesin* 1:1-12.
- Suprptono. 2004. *Paparan Kuliah Bahan Bakar dan Pelumas*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Surono, U. B., S. Machmud dan D. A. Pujisemedi. 2013. Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Sepeda Motor Sistem Injeksi dan Karburator. *SEMNAS*(8):111-115.
- Suyatno, A. 2010. Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Dengan Radiator Sebagai Upaya Meningkatkan Kinerja Mesin Bensin. *PROTON* 2(2):23-27.
- Winarno. 2011. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin. *Jurnal Teknik* 1(1):33-39.
- Wahjudi, S. 2017. Analisis Pencampuran Bahan Bakar Premium - Pertamina Terhadap Kinerja Mesin Konvensional. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta* III(2):1-5