



**PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK TERPENTIN
(PINUS SP) DAN MINYAK CENGKEH PADA BAHAN
BAKAR PREMIUM TERHADAP PERFORMA DAN
EMISI KENDARAAN BERMOTOR**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

UNNES
oleh
Rizki Kurniawan
UNIVERSITAS 5202412008 SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengaruh Penambahan Minyak Terpentin (*Pinus sp*) dan Minyak Cengkeh Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Performa dan Emisi Kendaraan Bermotor telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 15 bulan November tahun 2016

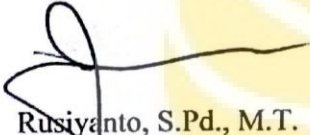
Oleh


Nama : Rizki Kurniawan
NIM : 5202412008
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Panitia,

Ketua Panitia

Sekretaris



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

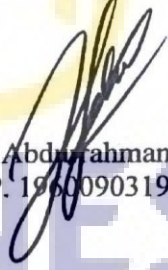

Dr. Dwi Widjanarko S.Pd., ST., M.T.
NIP. 196901061994031003


Penguji

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.
NIP. 196302131988031001


Dr. Abdurrahman, M.Pd.
NIP. 196009031985031002


Drs. Suprpto, M.Pd.
NIP. 195508091982031002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rizki Kurniawan
NIM : 5202412008
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Minyak Terpentin (*Pinus sp*) dan Minyak Cengkeh Pada Bahana Bakar Premium Terhadap Performa dan Emisi Kendaraan Bermotor”** ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, November 2016

Yang membuat pernyataan

METERAI
TEMPEL
No. 545BAAEF048433110
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Rizki Kurniawan

5202412008

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Kurniawan, Rizki. 2016. Pengaruh Penambahan Minyak Terpentin (*Pinus sp*) dan Minyak Cengkeh Pada Bahan Bakar Premium Terhadap Performa dan Emisi Kendaraan Bermotor. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. Abdurrahman, M.Pd., Drs. Suprpto, M.Pd.

Kata kunci: Minyak terpentin, minyak cengkeh, premium, performa, emisi

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium terhadap performa dan emisi kendaraan bermotor, serta mengetahui pada komposisi berapakah campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium menghasilkan performa paling baik dan emisi paling rendah.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Performa kendaraan bermotor berupa daya efektif dan torsi dianalisis dengan menggunakan alat *dynamometer*, sedangkan konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan alat buret ukur, kemudian dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar, untuk emisi gas buang kendaraan bermotor berupa CO dan HC dianalisis dengan menggunakan *gas analyzer*. Analisis data ini menggunakan analisis statistik deskriptif yaitu dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul setelah diberikan perlakuan selama penelitian, dengan penyajian data berupa tabel, grafik dan perhitungan rata-rata.

Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan performa dan emisi kendaraan bermotor yang dihasilkan oleh variasi campuran bahan bakar minyak terpentin dan minyak cengkeh dengan premium. Semakin besar prosentase minyak terpentin dan minyak cengkeh yang dicampurkan dengan premium maka performa semakin meningkat dan kadar emisi semakin menurun. Komposisi paling baik campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium untuk daya dan torsi pada putaran 6000 rpm dihasilkan oleh PC₁₅ dengan rata-rata daya sebesar 5258.96 W dan torsi sebesar 11.00 N-m. Konsumsi bahan bakar paling rendah dihasilkan PC₁₅ dengan rata-rata sebesar 0.528 kg/h. Emisi gas buang kendaraan paling rendah dihasilkan oleh PC₁₅ dengan rata-rata kadar CO sebesar 4.38% serta kadar HC sebesar 415.5 ppm.

Saran yang dapat diberikan dari peneliti yaitu untuk daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC gunakan campuran minyak cengkeh. Jangan gunakan campuran PC₅ dikarenakan daya dan torsi yang dihasilkan lebih rendah dibanding bahan bakar lain. Jangan gunakan bahan bakar premium dikarenakan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan paling tinggi dibandingkan bahan bakar lainnya.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Penambahan Minyak Terpentin (*Pinus sp*) dan Minyak Cengkeh Pada Bahana Bakar Premium Terhadap Performa dan Emisi Kendaraan Bermotor”.

Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesai dan tersusunnya skripsi ini bukan merupakan hasil dari segelintir orang, karena setiap keberhasilan manusia tidak akan lepas dari bantuan orang lain. Oleh karena itu, ijinkanlah penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi di Unnes.
2. Dekan FT Universitas Negeri Semarang yang telah memberi ijin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin FT Unnes yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan skripsi.
4. Ketua Program Studi Pendidikan Otomotif Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menyusun skripsi.
5. Dr. Abdurrahman, M.Pd., Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Drs. Suprpto, M.Pd., Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Rilan Achmad Setyawan dan Ibu Siti Marwiyah selaku orang tua yang selalu mendo'akan yang terbaik dan motivasi untuk anaknya.
8. Rizki Deni Septiyawan yang selalu meberikan dukungan untuk kakaknya.
9. Keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan, nasihat dan semangat.
10. Dwi Apriyani yang selalu memberikan doa, semangat, dan bantuan, baik berupa bantuan tenaga ataupun bantuan materi.

11. Teman-teman teknik mesin angkatan 2012 yang selalu memberikan dukungan, bantuan dan semangat.

12. Semua pihak tidak terkecuali yang telah membantu penyusunan skripsi ini.

Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, dengan tangan terbuka dan tanpa mengurangi makna serta esensial skripsi ini, semoga apa yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

Semarang, 8 November 2016

Rizki Kurniawan



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori	8
1. Motor Bensin	8
2. Motor Bensin Empat Langkah	8
3. Pembakaran	9
4. Bahan Bakar Minyak Bensin	12
5. Minyak Terpentin	17
6. Minyak Cengkeh	20
7. Performa Kendaraan Bermotor	22
8. Emisi Kendaraan Bermotor	31
9. Nilai <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR) dan Lamda	35
B. Penelitian Yang Relevan	37

C. Kerangka Pikir Penelitian	38
D. Hipotesis Penelitian	39
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Bahan Penelitian	40
B. Alat dan Skema Penelitian	41
C. Prosedur Penelitian	45
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	45
2. Proses Penelitian	46
3. Variabel Penelitian	49
4. Data Penelitian	50
5. Analisis Data	51
BAB IV. HASIL PENELITIAN	
A. Hasil Penelitian	53
1. Uji Laboratorium Bahan Bakar	53
2. Uji Performa Mesin	58
3. Uji Emisi Gas Buang Kendaraan	65
B. Pembahasan	68
1. Karakteristik Bahan Bakar	68
2. Performa Mesin	70
3. Emisi Gas Buang Kendaraan	78
4. Nilai Ekonomis	83
5. Efek Penggunaan Campuran Bahan Bakar	84
C. Keterbatasan Penelitian	85
BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	86
B. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	92

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
ω	Kecepatan sudut putar (rad/s)
ρ	Massa jenis bahan bakar (kg/m^3)
η_m	Efisiensi mekanis
A	Luas piston (m^2)
b	Jarak benda ke pusat rotasi (m)
C	Celcius
D	Diameter (cm)
F	Gaya (N)
K	Kelvin
Mf	Jumlah bahan bakar yang digunakan (Kg/Jam)
n	Frekuensi putar (Hz)
Na	Daya untuk menggerakkan alat bantu (kW)
Nf	Daya untuk mengatasi gesekan (kW)
Ne	Daya efektif (kW)
Ni	Daya indikator (kW)
P_e	Tekanan rata-rata efektif
P_i	Tekanan rata-rata indikator
s	Langkah piston
T	Torsi (Nm)
t	Waktu (s)
V	Volume (mL)
w	Beban (kg)
z	Jumlah silinder
Singkatan	Arti
API	<i>American Petroleum Institute</i>
AFR	<i>Air Fuel Ratio</i>
HHV	<i>High Heating Value</i>
LHV	<i>Low Heating Value</i>
MON	<i>Motor Octane Number</i> (angka oktan riset)

MTBE	<i>Methyl Tertiary Butyl Ether</i>
RON	<i>Research Octane Number</i> (angka oktan riset)
Rpm	<i>Revolution per minute</i> (putaran per menit)
SFC	<i>Spesific Fuel Consumption</i> (konsumsi bahan bakar spesifik) (kg/jam.KW)
TEL	<i>Tetra Ethil Lead</i>
TMA	Titik Mati Atas
TMB	Titik Mati Bawah



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Bahan Bakar Premium	16
Tabel 2.2. Spesifikasi Persyaratan Mutu Minyak Terpentin	19
Tabel 2.3. Minyak Cengkeh Hasil Penyulingan	21
Tabel 2.4. Persyaratan Mutu Minyak Cengkeh	21
Tabel 4.5. Hasil Analisis Angka Oktan	54
Tabel 4.6. Hasil Uji Laboratorium Bahan Bakar	54
Tabel 4.7. Hasil Uji Massa Jenis	55
Tabel 4.8a. Rata-rata Hasil Pengujian Daya Efektif	59
Tabel 4.8b. Rata-rata Hasil Pengujian Daya Efektif (6000 rpm)	59
Tabel 4.9a. Rata-rata Hasil Pengujian Torsi	61
Tabel 4.9b. Rata-rata Hasil Pengujian Torsi (6000 rpm)	62
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Persatuan Waktu ..	64
Tabel 4.11. Hasil Pengujian Kadar CO	65
Tabel 4.12. Hasil Pengujian Kadar HC	67
Tabel 4.13. Tabel Harga Premium, Minyak Terpentin dan Cengkeh	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Siklus Mesin 4 Langkah	8
Gambar 2.2. Grafik Pembakaran Motor Bensin	10
Gambar 2.3. Waktu Pengapian	11
Gambar 2.4. Pengukuran Torsi	27
Gambar 2.5. Skema Pengukuran Torsi	28
Gambar 2.6. Diagram Prestasi Motor	30
Gambar 2.7. Konsentrasi Emisi Kendaraan Bermotor	33
Gambar 2.8. Grafik Perbandingan Lamda (λ) dengan CO, HC dan Nox .	36
Gambar 3.9. Skema Penelitian Uji Emisi dan Konsumsi Bahan Bakar ...	44
Gambar 3.10. Skema Penelitian Uji Performa Kendaraan Bermotor	44
Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Nilai Oktan Minyak Terpentin, Minyak Cengkeh, Premium Murni, PT ₁₀ , PC ₅ dan PC ₁₅ .	56
Gambar 4.12. Grafik Perbandingan Nilai Kalor Minyak Terpentin, Minyak Cengkeh, Premium Murni, PT ₁₀ , PC ₅ dan PC ₁₅ ...	57
Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Massa Jenis Premium Murni, PT ₅ , PT ₁₀ , PT ₁₅ , PC ₅ , PC ₁₀ dan PC ₁₅	58
Gambar 4.14. Grafik Hasil Pengujian Daya	60
Gambar 4.15. Grafik Hasil Pengujian Torsi	63
Gambar 4.16. Grafik Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar (Mf)	64
Gambar 4.17. Grafik Hasil Pengujian Kadar CO	66
Gambar 4.18. Grafik Hasil Pengujian Kadar HC	67

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Uji Karakteristik Bahan Bakar	92
Lampiran 2. Hasil Uji Daya Efektif dan Torsi	94
Lampiran 3. Hasil Uji Emisi Gas Buang	115
Lampiran 4. Hasil Uji Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	122
Lampiran 5. Surat Tugas Pembimbing Skripsi	123
Lampiran 6. Surat Tugas Penguji Seminar Proposal Skripsi	124
Lampiran 7. Surat Ijin Penelitian	125
Lampiran 8. Dokumentasi Foto Penelitian	127



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Era sekarang ini, penggunaan kendaraan hampir disemua negara tidak lagi dapat dibatasi. Hal ini disebabkan karena semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap kendaraan untuk memudahkan transportasi dalam berpergian. Faktor ekonomi masyarakat yang semakin meningkat juga menjadi salah satu pendukung semakin meningkatnya jumlah kendaraan. Selain itu, kemudahan untuk membeli atau mendapatkan sebuah kendaraan juga menjadi faktor meningkatnya jumlah kendaraan sekarang ini.

Banyaknya jumlah penduduk bisa menjadi faktor penentu banyaknya kebutuhan moda transportasi seperti kendaraan bermotor. Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk yang besar yaitu 255.162.144 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2015:5). Berdasarkan data dari AISI (2014), tercatat tidak kurang dari 7.867.195 kendaraan terjual ditahun 2014. Secara tidak langsung semakin banyak juga kebutuhan akan konsumsi bahan bakar sebagai sumber energi kendaraan bermotor dan emisi gas buang yang dihasilkan.

Salah satu permasalahan yang ada di dunia saat ini tidak terlepas dari permasalahan mengenai sumber energi seperti bahan bakar minyak. Di Indonesia kebutuhan bahan bakar minyak premium masih menjadi salah satu konsumsi utama sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Berdasarkan data dari Ditjen Migas (n.d) pada tahun 2014 konsumsi bahan bakar premium Indonesia mencapai 29.707.002 KL. Sementara itu, menurut Biantoro dalam Kompas (2015) menyatakan bahwa Indonesia dulu mempunyai cadangan minyak bumi hingga sekitar 27 miliar barrel,

namun sekitar 22,9 miliar barrel sudah diproduksi, sisanya hanya sekitar 3,7 miliar barrel. Saat ini produksi minyak Indonesia tak sampai 800.000 barrel per hari, sehingga harus impor sekitar 800.000 barrel per hari karena konsumsi 1,6 juta barrel per hari.

Kebutuhan energi untuk saat ini secara umum masih didominasi oleh energi dari fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Bahan bakar fosil setiap tahun jumlah konsumsinya semakin meningkat, namun berbanding terbalik dengan cadangannya yang sudah semakin berkurang. Semakin berkurangnya cadangan bahan bakar fosil maka perlu adanya alternatif bahan bakar terbarukan. Berdasarkan *road map biofuel* pada *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional ditargetkan Indonesia mampu mensubstitusi minyak solar dengan biodiesel sebanyak 2% pada tahun 2010, 3% tahun 2015 dan 5% tahun 2025 serta mensubstitusi bensin dengan bioethanol (gasohol) sebanyak 2% pada tahun 2010, 3% tahun 2015 dan 5% tahun 2025 (Sugiyono, 2005:78).

Efek dari penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor menimbulkan dampak negatif tidak hanya pada lingkungan namun juga makhluk hidup yang disebabkan karena adanya kandungan gas berbahaya seperti CO, HC dan NOx. Saepudin dan Admono (2005:29) menyatakan bahwa kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi mencapai 60%, selebihnya sektor industri 25%, rumah tangga 10% dan sampah 5%. Salah satu contoh dampak negatif penggunaan bahan bakar dapat diketahui dari semakin tingginya tingkat polusi udara yang terjadi pada beberapa daerah perkotaan. Dampak negatif yang ditimbulkan tidak terlepas dari penggunaan jenis bahan bakar pada kendaraan bermotor yang dapat mempengaruhi performa dan emisi gas buang yang dihasilkan.

Kualitas bahan bakar minyak dapat ditentukan dari jenis zat aditif yang ditambahkan pada bahan bakar tersebut. Zat aditif dikelompokkan kedalam dua jenis, zat aditif sintetis (aditif buatan dari senyawa kimia) dan bioaditif (aditif dari bahan organik). Zat aditif yang biasa ditambahkan pada bahan bakar minyak sekarang ini adalah zat aditif sintetis dikarenakan dinilai lebih praktis seperti MTBE dan TEL. Karena dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan maka sekarang ini cukup banyak bioaditif yang digunakan sebagai tambahan bahan bakar minyak untuk menciptakan bahan bakar alternatif.

Penambahan bioaditif sebagai bahan bakar alternatif diharapkan bisa mengurangi tingkat konsumsi bahan bakar minyak dan emisi kendaraan yang semakin meningkat. Konsumsi bahan bakar yang semakin meningkat namun tidak diimbangi dengan adanya bahan bakar alternatif yang digunakan, ditakutkan akan berdampak pada banyak aspek kehidupan bermasyarakat. Dampak yang paling terasa dapat dilihat dari semakin memburuknya kualitas udara yang ada di daerah perkotaan akibat emisi gas buang hasil pembakaran didalam mesin kendaraan bermotor. Mutiarani (Kompasiana, 2015) menyatakan bahwa selain penggunaan kendaraan bermotor yang berlebihan, hal tersebut juga diakibatkan perawatan kendaraan yang tidak memadai, pemakaian bahan bakar yang buruk, biasanya memiliki kadar timbal yang tinggi.

Bioaditif yang banyak digunakan sebagai tambahan bahan bakar minyak berasal dari jenis minyak atsiri. Minyak atsiri berasal dari tumbuhan sehingga dianggap lebih ramah lingkungan dan mampu menjadi bahan bakar alternatif. Setidaknya ada 150 jenis minyak atsiri yang selama ini diperdagangkan di pasar internasional dan 40 jenis diantaranya dapat diproduksi di Indonesia. Meskipun

banyak jenis minyak atsiri yang dapat diproduksi di Indonesia, namun baru sebagian kecil jenis minyak atsiri yang telah dan sedang dikembangkan (BBPP Ketindan, 2013).

Minyak atsiri yang diproduksi ada banyak jenis, beberapa contoh dari minyak atsiri yang ada dan dikembangkan di Indonesia yaitu minyak terpentin (*Pinus sp*) dan minyak cengkeh. Minyak Terpentin merupakan hasil distilasi/penyulingan getah pinus, sebagai kandungan utama pada minyak terpentin adalah *Alpha Pinene* (Perum Perhutani, 2014). Putri (Kompas, 2012) menyatakan bahwa, daun cengkeh tua, ternyata dapat di produksi untuk mendapatkan minyaknya yaitu minyak daun cengkeh (*clove leaf oil*).

Minyak terpentin dihasilkan dari proses distilasi/penyulingan getah pinus, dengan *alpha pinen* sebagai kandungan utama dari minyak terpentin. Minyak terpentin mempunyai spesifikasi Berat Jenis/*Specific Gravity* : 0.848–0.865 dengan Indeks Bias/*Refractive Index* : 1.464–1.478. Minyak cengkeh mempunyai warna/*Colour* : *Jernih* dengan kandungan kadar *Alpha Pinene/Alpha Pinene Content* : 80%–85% serta titik nyala/*Flash Point*: 33°C–38°C (Perum Perhutani, 2014).

Minyak cengkeh atau *clove oil* dihasilkan dari proses penyulingan daun cengkeh kering *Syzigium aromaticum (L) Merr* atau *Eugenia caryophyllus (Sprengel)*. *Minyak cengkeh* mempunyai standar mutu dengan keadaan warna : kuning–coklat tua, berbau khas minyak cengkeh, berat jenis: 1,025-1,049 pada suhu 20°C. Indeks bias/*Refractive index*: 1,528-1,535, mampu larut dalam etanol 70% : 1:2 jernih. Kandungan *eugenol* total minimum pada minyak cengkeh sebesar

78% dan kandungan beta caryophyllene maksimum 17% (Badan Standardisasi Nasional, 2006:1).

Ma'mun et al., (2011:250), menyatakan bahwa penambahan aditif minyak atsiri kedalam bahan bakar bensin maupun solar dapat meningkatkan kinerja mesin kendaraan (ditunjukkan oleh peningkatan torsi mesin, daya mesin, turunnya konsumsi bahan bakar spesifik dan penurunan konsentrasi gas CO, CO2 dan HC pada emisi gas buang). Penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium diharapkan bisa menjadi salah satu inovasi yang dilakukan. Mengingat penggunaan zat aditif pada BBM contohnya premium ditujukan agar dapat menyempurnakan proses pembakaran bahan bakar premium didalam ruang bakar. Hasil yang ada diharapkan ada peningkatan performa dan penurunan kadar emisi pada kendaraan bermotor.

B. Identifikasi Masalah

1. Semakin banyaknya jumlah kendaraan bermotor dengan jumlah konsumsi bahan bakar yang meningkat tidak sebanding dengan jumlah cadangan bahan bakar yang ada.
2. Penggunaan bahan bakar premium menimbulkan dampak negatif untuk lingkungan yang ditimbulkan dari emisi gas buang kendaraan yang dihasilkan.
3. Masih kurangnya inovasi penggunaan zat aditif alami pada bahan bakar minyak.
4. Perlunya penggunaan zat bioaditif pada bahan bakar minyak yang bisa meningkatkan kinerja kendaraan bermotor dan mengurangi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor yang dihasilkan.

C. Pembatasan Masalah

1. Minyak yang digunakan sebagai bioaditif adalah minyak terpentin dan minyak cengkeh murni.
2. Pemanfaatan minyak terpentin dan minyak cengkeh hanya akan dicampur dengan bahan bakar minyak premium.
3. Kendaraan yang akan digunakan yaitu Yamaha Jupiter MX 135cc tahun 2006 dengan pengujian performa meliputi daya, torsi dan konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang meliputi CO dan HC.

D. Rumusan Masalah

1. Adakah pengaruh penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium terhadap performa pada kendaraan bermotor?
2. Adakah pengaruh penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium terhadap emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor?
3. Pada komposisi berapakah campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium menghasilkan performa yang paling baik?
4. Pada komposisi berapakah campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor yang paling rendah?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui adanya pengaruh penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium terhadap performa yang dihasilkan pada kendaraan bermotor.

2. Mengetahui adanya pengaruh penambahan minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium terhadap emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor.
3. Mengetahui pada komposisi berapakah campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium menghasilkan performa yang paling baik.
4. Mengetahui pada komposisi berapakah campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh pada bahan bakar premium menghasilkan emisi gas buang kendaraan bermotor yang paling rendah.

F. Manfaat Penelitian

1. Memberikan tambahan informasi dan pengetahuan mengenai pemanfaatan minyak terpentin dan minyak cengkeh sebagai zat aditif alami (bioaditif) pada bahan bakar minyak contohnya premium sebagai inovasi baru pada bidang otomotif.
2. Mampu meningkatkan kualitas bahan bakar premium untuk menghasilkan performa mesin dan emisi gas buang kendaraan bermotor yang lebih baik.
3. Dapat dijadikan salah satu referensi untuk membuat atau melakukan inovasi dan uji coba pemanfaatan bioaditif pada bahan bakar minyak sehingga mampu menghasilkan campuran yang lebih baik.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan masukan bagi lembaga-lembaga atau individu yang berkaitan dibidangnya mengenai pemanfaatan bioaditif minyak terpentin dan minyak cengkeh sebagai campuran bahan bakar minyak untuk nantinya dapat dikembangkan dan digunakan dalam menciptakan inovasi-inovasi baru dibidang otomotif dan dalam proses penerapannya dalam proses pembelajaran dibidang pendidikan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

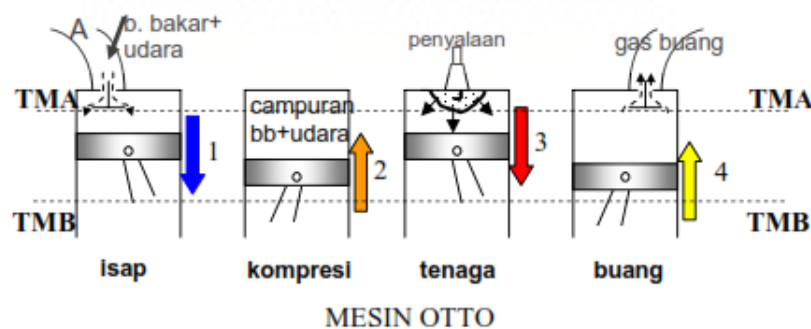
A. Kajian Teori

1. Motor Bensin

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik (Raharjo dan Karnowo, 2008:65). Motor bakar dibagi kedalam dua jenis yaitu motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan motor pembakaran luar (*eksternal combustion engine*). Motor bensin termasuk kedalam motor pembakaran dalam karena motor bensin menghasilkan tenaga panas didalam ruang bakar motor itu sendiri.

2. Motor Bensin Empat Langkah (*Four-stroke Spark Ignition (SI) Engine*)

Mesin empat Langkah adalah mesin yang setiap kali pembakaran memerlukan empat langkah piston atau satu siklus kerja selesai dalam dua kali putaran poros engkol. Cara kerja motor empat langkah, dimana torak bergerak dari titik tertinggi yang dicapai torak yang disebut titik mati atas (TMA), dan titik terendah yang disebut titik mati bawah (TMB). Gerakan torak dari TMA ke TMB atau sebaliknya dari TMB ke TMA disebut langkah torak.



Gambar 2.1. Siklus mesin 4 langkah
Sumber : Raharjo dan Karnowo (2008:72)

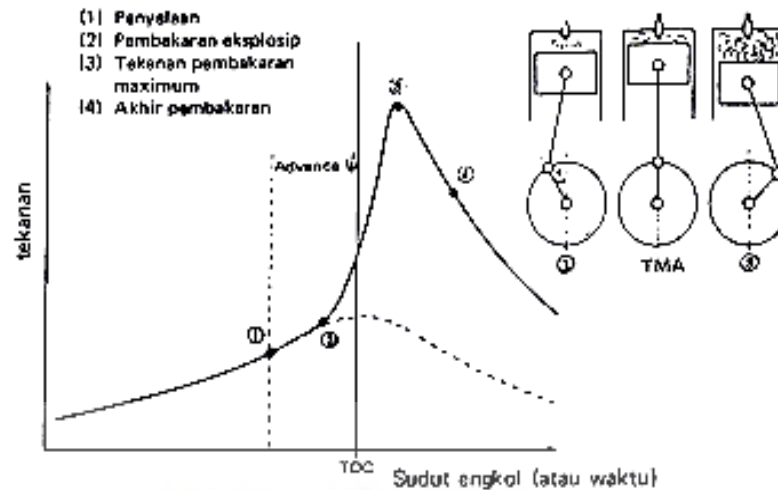
3. Pembakaran

a. Pengertian Pembakaran

Pembakaran adalah persenyawaan secara kimia dari unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar dengan zat asam yang kemudian menghasilkan panas dan disebut *heat energy* (Suprpto, 2004:36). Pendapat ini didukung oleh Kristanto (2015:61) yang menyatakan bahwa pembakaran adalah reaksi kimia dimana elemen tertentu dari bahan bakar bergabung dengan oksigen (dari atmosfer) dan melepaskan sejumlah besar energi yang menyebabkan peningkatan suhu gas. Pembakaran merupakan proses kimia dari bahan bakar yang terjadi di dalam silinder untuk menghasilkan energi mesin.

Proses pembakaran yang terjadi pada mesin atau motor bensin merupakan sebagian proses perubahan energi (*change of energy*) untuk menghasilkan kerja mesin (Sutoyo, 2011:11). Proses pembakaran merupakan proses untuk menghasilkan kerja mesin yang diperoleh melalui proses perubahan energi dari campuran bahan bakar didalam ruang silinder dengan bantuan percikan bunga api dari busi. Menurut Suyanto (1989:251) menyatakan bahwa panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran tergantung pada nilai kalor bahan bakar yang digunakan, apabila nilai kalor yang digunakan mempunyai nilai kalor yang tinggi maka panas yang dihasilkan oleh pembakaran inipun akan tinggi, akan tetapi apabila nilai kalor yang digunakan mempunyai nilai kalor yang rendah maka panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran inipun juga akan rendah.

Proses pembakaran dalam sebuah mesin terjadi beberapa tingkatan yang digambarkan dalam sebuah grafik dengan hubungan antara tekanan dan perjalanan engkol. Berikut adalah gambar dari grafik tingkatan pembakaran :



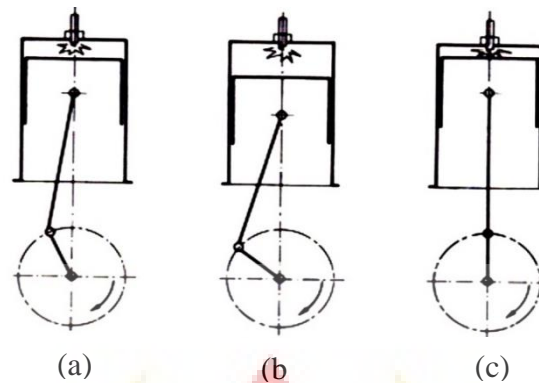
Gambar 2.2. Grafik Pembakaran Motor Bensin.

Sumber: (Suyanto, 1989:253)

Berdasarkan Gambar 2.2. campuran bahan bakar dan udara yang dihisap kemudian dikompresikan pada langkah kompresi (volume campuran menjadi kecil). Tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar meningkat selama langkah kompresi masih berlangsung, dalam kondisi tersebut maka campuran sangat mudah terbakar. Sebelum piston mencapai TMA, terjadi penyalaan bunga api sehingga terjadi proses pembakaran yang mengakibatkan tekanan dan temperatur semakin tinggi. Puncak tekanan pembakaran terjadi setelah piston melewati TMA, hal ini agar piston terdorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi sampai akhir pembakaran. Saat langkah ini (TMA ke TMB) tekanan perlahan menjadi turun. *Timing* pengapian dan pembakaran yang tepat serta kualitas bahan bakar yang baik pada sebuah kendaraan sangatlah berpengaruh terhadap tenaga dan gas sisa pembakaran.

Bila pengapian terlalu awal, maka gas sisa yang belum terbakar akan terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlaku dan pemampatan yang masih berjalan, akan terbakar sendiri. Ini berarti kerugian daya. Bila pengapian terlalu

lambat, beberapa pukulan berkurang, berarti juga menurunnya daya (Arends dan Barendschot, 1980:69). Berikut gambar waktu pengapian pada motor bensin:



Gambar 2.3. Waktu Pengapian
Sumber: (Kristanto, 2015:122)

Gambar 2.3. menunjukkan bahwa saat (*timing*) percikan pengapian pada motor bensin harus dipilih sedemikian rupa sehingga motor memberikan daya terbesar dan pembakaran berlangsung tanpa ketukan (*knocking*) sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.3-a. Jika pengapian terlalu awal (Gambar 2.3-b), maka sisa gas yang belum terbakar akan terbakar sendiri karena proses pembakaran dan langkah kompresi masih berlangsung, yang menghasilkan kerugian tenaga. Disamping itu, pengapian yang terlalu awal meningkatkan konsumsi bahan bakar dan kebutuhan nilai oktan bahan bakar. Jika pengapian terlalu lambat (Gambar 2.3-c), beberapa kecenderungan ketukan dapat diminimalisir, tetapi dengan konsekuensi kerugian tenaga. Hal ini disebabkan karena volume ruang sisa pada akhir proses pembakaran sudah bertambah dan sebagian kecil dari kalor pembakaran berubah menjadi tekanan sehingga tekanan maksimum pembakaran berlangsung setelah torak melaksanakan langkah dayanya.

b. Pembakaran Abnormal

Proses pembakaran yang terjadi didalam mesin kendaraan bermotor tidak selalu akan terjadi dengan sempurna atau dengan kata lain ada kemungkinan bahan

bakar tidak mampu terbakar seluruhnya dan terjadi pembakaran abnormal. Menurut Kristanto (2015:74) pembakaran abnormal terjadi ketika nyala api tidak menyebar secara merata dan lancar di ruang bakar. Campuran udara-bahan bakar miskin, suhu operasi tinggi, oktan rendah, membuat pembakaran menjadi abnormal. Pembakaran abnormal menyebabkan kondisi yang tidak menguntungkan, diantaranya adalah detonasi, pra-penyalaan (*pre-ignition*) dan *dieseling* atau masalah ketika mesin terus berjalan setelah kunci kontak dimatikan.

4. Bahan Bakar Minyak Bensin

Bahan bakar minyak adalah bahan bakar mineral cair yang di peroleh dari hasil tambang pengeboran sumur-sumur minyak, dan hasil kasar yang diperoleh disebut dengan minyak mentah atau *crude oil* (Suprpto, 2004:7). Bahan bakar minyak merupakan hasil dari olahan minyak bumi melalui proses destilasi. Minyak bumi adalah campuran berbagai macam alkana mulai dari yang paling sederhana (metana, etana, propana, dan butana) sampai alkana yang berantai panjang lurus dan bercabang yaitu normal oktana dan isooktana. Hasil destilasi minyak bumi dapat berupa gas, bensin, nafta, kerosin, minyak diesel, pelumas, paraffin dan residu.

Bahan bakar bensin merupakan campuran senyawa hidrokarbon cair yang sangat *volatile* (Kristanto, 2015:69). Dapat dijelaskan bahwa bahan bakar bensin merupakan persenyawaan jenuh dari senyawa hidrokarbon, dengan angka oktan 80 yang mengandung 80% isooktana dan 20% n-heptana. Ada 3 jenis bensin yang diproduksi Pertamina, yakni Premium, Pertamax, dan Pertamax plus. Dari ketiga jenis bahan bakar bensin tersebut, jenis bahan bakar premium merupakan yang paling banyak digunakan untuk kendaraan bermotor.

a. Premium

Premium adalah bahan bakar jenis ditilat dengan warna kekuningan yang jernih dan mengandung timbal sebagai *octane booster* (TEL) (Arifin dan Sukoco, 2009:106). Bahan bakar premium merupakan jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan pada kendaraan bermotor, namun memiliki oktan atau *Research Octane Number (RON)* terendah yakni 88. Suprpto (2004:14) menyatakan bahwa, Angka oktan adalah prosentase volume *isooktane* dengan *normal heptana* yang menghasilkan intensitas *knocking* atau daya ketukan dalam proses pembakaran ledakan dari bahan bakar yang sama dengan bensin yang bersangkutan.

Bahan bakar bensin premium memiliki angka oktan 88, nilai oktan yang rendah akan cenderung menimbulkan *knocking* ketika *compression ratio* dari *engine* dinaikkan (Kabib, 2009:3). Mesin dengan rasio kompresi rendah dapat menggunakan bahan bakar oktane rendah sebab temperatur dan tekanannya lebih rendah. Mesin dengan rasio kompresi tinggi harus menggunakan bahan bakar oktan tinggi untuk menghindari terjadinya pembakaran sendiri dan ketukan (Salazar, 1998:33). Bahan bakar dengan oktan 88 akan lebih cocok digunakan pada kendaraan dengan rasio kompresi yang rendah, lain halnya dengan oktan yang lebih tinggi dapat digunakan pada kendaraan dengan kompresi yang lebih tinggi.

Premium mempunyai rumus molekul kimia C_7H_{16} dan C_8H_{18} yang merupakan rumus molekul dari n-heptana dan isooktana. Premium sebagai bahan bakar mempunyai beberapa syarat yang dimiliki. Adapun menurut Suprpto (2004:19) syarat-syarat bensin yang baik dan memberikan kerja mesin yang lembut, yaitu :

- 1) Mudah terbakar, artinya mampu tercipta pembakaran serentak di dalam ruang bakar dengan sedikit *knocking* atau dentuman.
- 2) Mudah menguap, artinya bensin harus mampu membentuk uap dengan mudah untuk memberikan campuran udara dengan bahan bakar yang tepat saat menghidupkan mesin yang masih dingin.
- 3) Tidak beroksidasi dan bersifat pembersih, artinya sedikit perubahan kualitas dan perubahan bentuk selama di simpan. Selain itu bensin juga harus mencegah pengendapan pada sistem intake.
- 4) Angka oktan, adalah suatu angka untuk mengukur bahan bakar bensin terhadap daya anti *knock characteristic*. Bensin dengan nilai oktan yang tinggi akan tahan terhadap timbulnya *engine knocking*.

b. Sifat Fisika Bahan Bakar

Bahan bakar mempunyai beberapa sifat fisika yang terkandung didalamnya. Menurut Suprpto (2004:26-29), ada beberapa sifat fisika bahan bakar yang terkandung didalam bahan bakar minyak, diantaranya yaitu:

1) Berat Jenis

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. Dalam perdagangan international, berat jenis dinyatakan dalam API Grafitasi atau derajat API (*American Petroleum Institute*), sebagai berikut:

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

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.

2) Viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran dari besar perlawanan zat cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam dari suatu bahan cair. Satuan viskositas adalah *centi poise*. Pada umumnya makin tinggi derajat API, makin kecil viskositasnya, begitu pula sebaliknya. Viskositas/kekentalan sangat penting artinya bagi penggunaan bahan bakar minyak untuk motor bakar maupun mesin industri, karena akan berpengaruh terhadap bentuk dan tipe mesin yang menggunakan bahan bakar tersebut.

3) Nilai Kalor

Nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar didalam zat asam. Makin tinggi berat jenis minyak bakar, makin rendah nilai kalori yang diperolehnya. Misalnya bahan bakar minyak dengan berat jenis 0,75 atau grafitasi API 70,6 mempunyai nilai kalori 11.700 kal/gr.

4) Titik Nyala

Titik nyala adalah suhu terendah dari bahan bakar minyak yang dapat menimbulkan nyala api dalam sekejap apabila pada permukaan bahan bakar minyak tersebut dipercikan api. Pada bahan bakar minyak dengan grafitasi API tinggi maka titik didihnya rendah, sehingga titik nyalanya juga rendah artinya bahan bakar minyak tersebut akan mudah terbakar, demikian juga sebaliknya.

5) Air dan Endapan

Air dan endapan yang dipersyaratkan dalam minyak tidak boleh lebih dari 0,5%. Air yang banyak terkandung pada minyak bakar dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sedangkan endapan pada minyak akan dapat memperbanyak jumlah gas sisa pembakaran dan abu.

6) Warna

Warna pada bahan bakar minyak berhubungan dengan berat jenisnya. Untuk berat jenis tinggi, warnanya hijau kehitam-hitaman dan untuk berat jenis rendah warnanya coklat kehitam-hitaman.

Bensin yang dipasarkan di Indonesia merupakan bahan bakar minyak yang diproduksi oleh PT. Pertamina (Persero). Bahan bakar minyak yang dipasarkan diberi merek dagang premium dengan angka oktan 88. Berikut ini adalah spesifikasi bensin premium berdasarkan *Material Safety Data Sheet* (Lembar Data Keselamatan Bahan) yang dikeluarkan oleh Direktorat Pemasaran dan Niaga PT. Pertamina (Persero) pada bulan Juni 2007.

Tabel 2.1 Spesifikasi Bahan Bakar Premium

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Bilangan Oktan			
	- Angka Oktana Riset (RON)	RON	88.0	-
	- Angka Oktana Motor (MON)		Dilaporkan	
2	Stabilitas Oksida (Periode Induksi)	Menit	360	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 ¹⁾
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
5	Distilasi:			
	10% vol. Penguapan	°C	-	74
	50% vol. Penguapan	°C	88	125
	90% vol. Penguapan	°C	-	180
	Titik didih akhir	°C	-	215

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
	Residu	% vol	-	2.0
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7 ²)
7	Berat Jenis pada suhu 15°C	Kg/m ³	715	780
8	Penampilan Visual		Jernih & terang	
9	Warna		Merah	
10	Kandungan Warna	gr/100 l	0,13	
11	Bau		dapat dipasarkan	

Sumber : Direktorat Pemasaran dan Niaga PT. Pertamina (Persero) (2007:5)

5. Minyak Terpentin

a. Pengertian Minyak Terpentin (*Spirit of Turpentine*)

Minyak terpentin sering disebut dengan *spirit of turpentine* berupa cairan yang mudah menguap, berasal dari hasil penyulingan getah jenis pohon yang tergolong dalam genus pinus (Sastrohamidjojo, 2004:161). Menurut Badan Standardisasi Nasional (2011:1) menyatakan bahwa minyak terpentin merupakan minyak atsiri yang diperoleh dari getah Pinus (*Pinus sp*) dengan cara penyulingan uap pada suhu dibawah 180°C. Minyak terpentin yang ada di Indonesia hampir secara keseluruhan merupakan hasil penyulingan dari getah pinus *merkusii Jungh et de Vr.* Berdasarkan data penyebaran dan habitat dari pinus *merkusii Jungh et de Vr.* yang diterbitkan oleh Direktorat Pembenuhan Tanaman Hutan, Perhutani (2001), jenis pohon pinus ini banyak tumbuh didaerah seperti Aceh, Tapanuli, Kerinci, Jawa dan Sulawesi Selatan.

Oleoresin atau getah pinus terdiri dari dua komponen utama, yaitu rosin atau gondorukem (60%) dan minyak terpentin. Jumlah minyak terpentin yang terkandung dalam getah pinus berkisar antara 10 sampai 17,5 persen (Sastrohamidjojo, 2004:161). Menurut Wiyono *et al.*, (2006:13) komponen utama dari kedua sampel (getah pinus dan minyak terpentin) adalah α -pinen, Δ -3-karen

dan β -pinen. Proses untuk mendapatkan minyak terpentin secara garis besar dibagi menjadi dua jenis, yaitu yang dihasilkan dari getah pinus dan yang dihasilkan dari kayu pohon pinus.

Sastrohamidjojo (2004:161) menyatakan bahwa secara umum minyak terpentin dapat diperoleh dengan 4 cara, yaitu:

1. Destilasi getah pinus yang diperoleh dengan menyadap pohon pinus yang masih hidup (terpentin dari getah).
2. Ekstraksi potongan-potongan/irisan ujung batang pohon pinus yang tua, dilanjutkan dengan destilasi (terpentin kayu hasil destilasi uap dan ekstraksi).
3. Destilasi destruktif, yaitu destilasi terhadap potongan kayu pinus yang berumur tua (terpentin kayu hasil destilasi destruktif).
4. Proses sulfat, yaitu pemasakan bubur kayu pinus yang masih berumur muda (terpentin kayu hasil proses sulfat).

b. Sifat-sifat Minyak Terpentin (*Spirit of Turpentine*)

Menurut Sastrohamidjojo tahun 1981 dalam Sastrohamidjojo (2004:162) minyak terpentin merupakan cairan tidak berwarna (jernih), bau khas (keras) dan pedas, dan mudah terbakar. Minyak terpentin sebelum dipasarkan digunakan mempunyai syarat umum dan syarat khusus yang ditentukan. Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh Badan Standardisasi Nasional (2011:2) menyatakan bahwa minyak terpentin mempunyai syarat mutu yang harus dipenuhi, sebagai berikut:

1. Bentuk cair
2. Bau khas terpentin
3. Bobot jenis pada suhu 25 °C : 0,848 – 0,865

4. Indeks bias pada suhu 20 °C : 1,464 – 1,478
 5. Titik nyala : 33 °C – 38 °C
 6. Titik didih awal : 150 °C – 160 °C

Syarat khusus yang ditentukan oleh Badan Standardisasi Nasional (2011:3) untuk spesifikasi persyaratan mutu minyak terpentin adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi Persyaratan Mutu Minyak Terpentin

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Mutu A	Mutu B
1.	Warna		Jernih	*)
2.	Putaran optik pada suhu 27,5°C	°	+≥ 32	+< 32
3.	Kadar sulingan	%	≥ 90	< 90
4.	Sisa penguapan	%	≤ 2	>2
5.	Bilangan asam	-	≤ 2,0	>2,0
6.	Alpha pinene	%	≥ 80	< 80

CATATAN: *) tidak dipersyaratkan

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2011:3)

Data dari Perum Perhutani (2014) menyatakan bahwa minyak terpentin harus bisa memenuhi klasifikasi mutu yang ditentukan, yaitu sebagai berikut:

1. Berat jenis/Specific gravity : 0.848 - 0.865
 2. Indeks bias/Refractive index : 1.464 - 1.478
 3. Warna/Colour : Jernih
 4. Kadar Alpha Pinene/Alpha pinene content : 80% - 85%
 5. Titik nyala/Flash point : 33°C - 38°C

c. Komposisi Minyak Terpentin (*Spirit of Turpentine*)

Jenis dan jumlah kandungan tertentu tergantung pada jenis pohon pinus, lokasi geografis dari pohon-pohon, dan musim panen pohon (Haneke, 2002:1). Menurut Kirk-Othmer tahun 1955 dalam Sastrohamidjojo (2004:162) menyatakan

bahwa umumnya minyak terpentin tersusun oleh campuran isomer tidak jenuh, hidrokarbon monoterpena bisiklis, $C_{10}H_{16}$, yaitu α -pinen, β -pinen dan Δ -karen.

Menurut Haneke (2002:1) menyatakan bahwa salah satu contoh terpentin yang diproduksi di Amerika Serikat utamanya terdiri dari α -pinene (75% sampai 85%) dengan jumlah β -pinene (hingga 3%), kamphen (4% sampai 15%), limonen (dipenten, 5% sampai 15%), 3-karen, dan terpinolen (persentase tidak disediakan).

d. Kegunaan Minyak Terpentin (*Spirit of Turpentine*)

Menurut Wise *et al.*, tahun 1952 dalam Sastrohamidjojo (2004:163) menyatakan bahwa kegunaan minyak terpentin dapat diurutkan sebagai berikut:

- 1) Kegunaan yang paling penting, yaitu minyak terpentin digunakan dalam industri kimia dan farmasi seperti dalam sintesis kamfer, terpineol dan terpinil asetat.
- 2) Minyak terpentin digunakan sebagai thinner/pengencer dalam industri cat dan pengkilap atau pernis.

6. Minyak Cengkeh (*Clove Oil*)

a. Pengertian Minyak Cengkeh (*Clove Oil*)

Minyak daun cengkeh merupakan minyak yang diperoleh dengan cara penyulingan daun tanaman cengkeh *Syzigium aromaticum* (L) Merr atau *Eugenia caryophyllus* (*Sprengel*) (Badan Standardisasi Nasional, 2006:1). Menurut Guenther (1990:448) menyatakan ada kemungkinan bahwa pohon tersebut berasal dari daerah tropik di Asia yang beriklim panas dan lembab, mungkin di Kepulauan Maluku. Minyak cengkeh komersial hampir seluruhnya dihasilkan dari Zanzibar (atau Pemba) dan Madagaskar. Daerah-daerah lain penghasil cengkeh berlokasi di Kepulauan Ceylon dan Penang, dan di Indonesia, terutama di Kepulauan Maluku.

Minyak cengkeh yang banyak diproduksi diperoleh dari proses distilasi bunga, batang, dan daun cengkeh. Distilasi daun cengkeh merupakan yang paling umum dilakukan untuk mendapatkan minyak cengkeh dengan memanfaatkan daun cengkeh kering yang gugur. Daun cengkeh mengandung minyak 1%-4%, sehingga dapat diekstraksi menjadi minyak atsiri yang bernilai ekonomis tinggi (Jayanudin, 2011:38). Menurut Razafimamonjison *et al.*, (2011:2) menyatakan bahwa komponen utama minyak cengkeh biasanya berupa eugenol, dengan β -caryophyllene dan eugenol asetat, meskipun dalam konsentrasi yang lebih rendah.

b. Sifat-sifat Minyak Cengkeh (*Clove Oil*)

Menurut Guenther (1990:484) menyatakan bahwa kualitas minyak cengkeh dievaluasi dari kandungan fenol, terutama eugenol. Kandungan fenol dari minyak cengkeh tergantung pada kondisi cengkeh (utuh atau ditumbuk) dan metode penyulingan. Safrudin *et al.*, (2015:14) menyimpulkan bahwa efek dari cengkeh yang ditumbuk meningkatkan kadar caryophyllene, tetapi mengurangi kadar eugenol dan eugenyl asetat didalam komposisi minyak secara signifikan.

Minyak cengkeh dalam proses produksinya untuk bisa digunakan oleh konsumen diharuskan untuk dapat memenuhi syarat mutu tertentu, seperti yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (2006:1) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Persyaratan Mutu Minyak Cengkeh

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Warna	-	Kuning – coklat tua
1.2	Bau	-	Khas minyak cengkeh
2	Bobot Jenis 20°C / 20°C	-	1,025 – 1,049
3	Indeks bias (n_{D20})	-	1,528 – 1,535
4	Kelarutan dalam etanol 70%	-	1 : 2 jernih
5	Eugenol Total	%, v/v	Minimum 78
6	Beta caryophyllene	%	Maksimum 17

Sumber : Badan Standardisasi Nasional tahun (2006:1)

c. Komposisi Minyak Cengkeh (*Clove Oil*)

Minyak cengkeh merupakan minyak mudah menguap (atsiri) yang berasal dari bunga cengkeh dengan destilasi mengandung, sebagai konstituen utamanya adalah eugenol bebas (70% sampai 90%), eugenol asetat, dan kariofillen (Guenther, 1990:489). Menurut Razafimamonjison (2012:2) menyatakan bahwa kandungan utama minyak berada pada tunas, daun dan batang yaitu eugenol, dengan peningkatan presentase dari tunas (72,08%-82,36%) ke daun (75,04%-83,58%) dan batang (87,52%-96,65%). Dalam minyak gagang cengkeh eugenil asetat merupakan komponen utama kedua (8,6%-21,3%) sementara terdeteksi dalam jumlah jauh lebih rendah di daun (0-1,45%) dan batang (0,07%-2,53%).

d. Kegunaan Minyak Cengkeh (*Clove Oil*)

Menurut Safrudin *et al.*, (2015:12) minyak atsiri digunakan untuk memberikan rasa untuk makanan dan minuman dan sebagai aroma dalam industri makanan dan kosmetik, dimana banyak bahan herbal dan rempah-rempah adalah komponen dalam pembuatan krim kulit, lipstik, shampoo, sabun dan parfum. Aroma minyak cengkeh dapat meningkatkan sirkulasi darah dan sedikit meningkatkan suhu tubuh seseorang. Dalam makanan dan minuman, cengkeh digunakan dalam pasta gigi, sabun, kosmetik, parfum, dan rokok. Karena sifatnya yang antiseptik dan bakterisidal banyak preparat (produk) farmasi mengandung minyak cengkeh (Guenther, 1990:494).

7. Performa Kendaraan Bermotor

a. Pengertian Performa (Prestasi Mesin/Unjuk Kerja Mesin)

Performa mesin atau prestasi mesin yaitu kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya

berguna (Raharjo dan Karnowo, 2008:93). Performa mesin merupakan indikator prestasi mesin motor bakar yang menyatakan ukuran berapa besar randemen atau efisiensi yang dihasilkan motor bakar tersebut (Sunaryo, 2015:86). Dapat disimpulkan bahwa performa mesin merupakan kemampuan mesin motor untuk menghasilkan daya berguna yang dinyatakan dengan besaran randemen atau efisiensi yang dihasilkan.

Menurut Syahrani (2006:260) menyatakan bahwa kinerja kendaraan yang baik adalah tingkat konsumsi bahan bakar yang rendah dengan menghasilkan kadar emisi yang rendah pula. Performa suatu mesin pada umumnya dapat dilihat dari tingkat torsi, daya, konsumsi bahan bakar, *Air Fuel Ratio* (AFR) dan efisiensi (Arijanto dan Saputra, 2015:108). Parameter penting dalam motor bakar atau mesin otomotif adalah torsi dan daya mesin, karena kedua parameter inilah yang dapat digunakan sebagai penentu besarnya performa yang dihasilkan.

b. Daya

Performa kendaraan bermotor berkaitan dengan besarnya jumlah energi yang dihasilkan oleh mesin. Menurut Raharjo dan Karnowo, (2008:99) jumlah energi yang dihasilkan mesin setiap waktunya adalah yang disebut dengan daya mesin. Dalam fisika daya merupakan perbandingan antara usaha (W) yang dihasilkan dengan persatuan waktu (t) sehingga dapat diketahui besarnya daya yang dihasilkan. Ramelan (2010:26) menyimpulkan bahwa daya motor adalah kerja tiap satuan waktu, dinyatakan dalam kilo Watt (kW).

Daya yang terdapat pada torak pada saat langkah usaha dinamakan daya indikator (N_i), sedangkan daya yang terdapat pada poros engkol dinamakan daya efektif (N_e) (Ramelan, 2010:26). Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:99) daya

indikator adalah sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Daya indikator merupakan daya yang dihasilkan pada proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder, pada torak yang bekerja di dalam silinder mesin.

Mesin selama bekerja mempunyai komponen-komponen yang saling terhubung satu dengan yang lainnya. Komponen-komponen mesin yang saling terhubung tersebut merupakan salah satu beban dari daya indikator. Kerugian akibat terjadinya gesekan antar komponen pada mesin juga merupakan parasit bagi mesin, disamping komponen-komponen mesin (aksesoris mesin) yang menjadi beban, dengan alasan yang sama yaitu mengambil daya indikator. Satuan yang digunakan untuk satuan daya adalah HP (*horse power*).

1) Rumus Daya

Raharjo dan Karnowo, (2008:100) menyatakan bahwa untuk lebih mudah pemahaman dibawah ini dalam perumusan dari masing-masing daya.

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \text{ (HP) } \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

N_e = daya efektif atau daya poros (HP)

N_i = daya indikator (HP)

N_g = kerugian daya gesek (HP)

N_a = kerugian daya aksesoris (HP)

2) Pengukuran Daya

Untuk pengukuran daya dalam mesin, pengukuran yang dilakukan meliputi daya indikator, daya efektif, kerugian daya gesek dan kerugian daya asesoris.

a) Daya Indikator

Untuk menghitung besarnya daya, kita harus mengetahui besarnya tekanan rata-rata dalam silinder selama langkah kerja. Besarnya tekanan rata-rata motor bensin 4 langkah adalah 6–9 Mpa (Arends dan Barendschot, 1980:18).

Rumus daya indikator:

$$N_i = p_1 \times A \times s \times n \dots\dots\dots (2)$$

Pada motor 4 langkah, tiap dua kali putaran poros engkol terjadi sekali langkah kerja. Maka rumus untuk motor 4 langkah adalah sebagai berikut:

$$N_i = \frac{1}{2} p_1 \times A \times s \times n \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- N_i = daya indikator (watt)
- p_1 = tekanan rata-rata indikator
- A = luas piston (m^2)
- s = langkah piston (m)
- n = frekuensi putar (Hz)

b) Daya poros atau daya efektif

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:111) menyimpulkan bahwa daya poros adalah daya efektif pada poros yang akan digunakan untuk mengatasi beban kendaraan. Daya poros atau efektif diperoleh dari pengukuran torsi pada poros yang dikalikan dengan kecepatan sudut putarnya atau bisa dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_e = T \times \omega \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- N_e = daya efektif Nm/s (Watt)
- T = torsi (N.m)
- ω = kecepatan sudut putar

Berdasarkan perumusan di atas, untuk menghitung daya poros N_e harus diketahui terlebih dahulu torsi T dan putaran n mesinnya. Torsi diukur dengan alat dinamometer, sedangkan putaran mesin diukur dengan tachometer.

c) Kerugian daya gesek

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:111) menyimpulkan bahwa besarnya daya gesek dapat dihitung dengan mengurangi daya indikator dengan daya poros, perhitungan ini dengan asumsi daya asesoris diabaikan. Perumusannya adalah sebagai berikut:

$$N_e = N_i - (N_f + N_a) \dots\dots\dots (5)$$

Apabila diasumsikan $N_a = 0$ maka,

$$N_f = N_e - N_i \dots\dots\dots (6)$$

Perhitungan daya gesek dengan cara ini cukup bagus untuk skala laboratorium.

c. Torsi

Torsi adalah gaya putar yang dihasilkan oleh poros engkol atau kemampuan motor untuk melakukan kerja, tetapi disini torsi merupakan jumlah gaya putar yang diberikan ke suatu mesin atau motor pembakaran terhadap panjang lengannya. Menurut Raharjo dan Karnowo, (2008:98) menyatakan bahwa torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi.

1) Rumus Torsi

Menurut Raharjo dan Karnowo, (2008:98) berpendapat bahwa besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya

sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar b , dengan data tersebut torsinya adalah sebagai berikut:

$$T = F \times B \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

T = torsi benda berputar (N.m)

F = gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

B = jarak benda ke pusat rotasi (m)

2) Pengukuran torsi

Pengukuran torsi menurut Arend dan Barendschot (1980:21) menyimpulkan bahwa gaya F bekerja pada tuas sepanjang r meter yang diikatkan pada ujung poros engkol umpamanya pada roda penerus, seperti pada gambar 2.4. sebagai berikut:



Gambar 2.4. Pengukuran Torsi

Sumber : (Arends dan Barendschot, 1980:21)

Keterangan:

F = gaya

R = jari-jari

Gambar di atas bekerja berdasarkan atas anggapan bahwa gaya F , yang berdiri tegak lurus pada tuas, bekerja berlawanan dengan arah putaran motor. Maksudnya adalah untuk menentukan besarnya gaya F , yang diperlukan untuk mengatasi kerja motor yang arahnya berlawanan.

Bila gaya F sekali berputar mengelilingi lingkaran, maka ini berarti bahwa telah dilakukan kerja sebesar: $2 \cdot \pi \cdot r$.

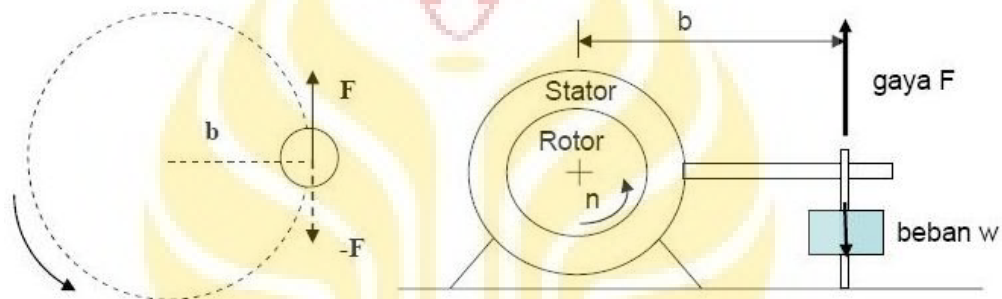
Jadi besarnya kerja atau torsi menjadi :

$$T = F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (8)$$

3) Pengukuran torsi pada motor bensin

Menurut Raharjo dan Karnowo (2008:98) Pengukuran torsi pada motor bakar menggunakan alat yang dinamakan dinamometer. Prinsip kerja pada alat ini adalah dengan memberi beban yang berlawanan terhadap arah putaran sampai putaran mendekati 0 (nol) rpm, beban ini nilainya adalah sama dengan torsi poros.

Dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 2.5. Skema Pengukuran Torsi
Sumber : (Raharjo dan Karnowo, 2008:98)

Keterangan:

b = jarak benda ke pusat rotasi

F = gaya sentrifugal dari benda berputar

n = arah putaran rotor

Gambar 2.5. dapat dilihat pengukuran torsi pada poros (rotor) dengan prinsip pengereman dengan stator yang dikenai beban sebesar w . Mesin dinyalakan kemudian pada poros disambungkan pada dinamometer. Untuk mengukur torsi mesin pada poros mesin diberi rem yang disambungkan pada w pengereman atau pembebanan. Pembebanan diteruskan pada poros mesin hampir berhenti berputar. Beban maksimum yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin F . Dari definisi yang disebutkan bahwa perkalian

antara gaya dengan jaraknya adalah sebuah torsi, dengan definisi tersebut, torsi pada poros dapat diketahui dengan rumus:

$$T = w.b \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

T = torsi mesin (Nm)

w = beban (kg)

b = jarak pembebanan dengan pusat putaran.

d. Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian mesin konsumsi bahan bakar diukur sebagai laju aliran massa bahan bakar per unit waktu (mf). Konsumsi bahan bakar spesifik/*specific fuel consumption* (SFC) adalah laju aliran bahan bakar per satuan daya (Arijanto dan Saputra, 2015:109). Sehingga, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) telah dikembangkan sebagai pengukur performa mesin (Georing *et al.*, 2003:25). Sehingga konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dapat digunakan untuk mengukur kinerja mesin.

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui bagaimana efisiensi mesin dalam menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan daya. Konsumsi bahan bakar spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) adalah jumlah bahan bakar (kg) per waktunya untuk menghasilkan daya sebesar 1 Hp. Jadi, SFC adalah ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar (Raharjo dan Karnowo, 2008:115).

Perhitungan untuk mengetahui SFC adalah sebagai berikut:

$$SFC = M_f/N_e \dots\dots\dots (10)$$

$$M_f = v \times \rho \text{ bahan bakar} / t \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan:

SFC = *Specific Fuel Consumption* (kg/s.W)

M_f = jumlah bahan bakar per satuan waktu (Kg/s)

N_e = daya poros (W)

V = volume bahan bakar yang digunakan

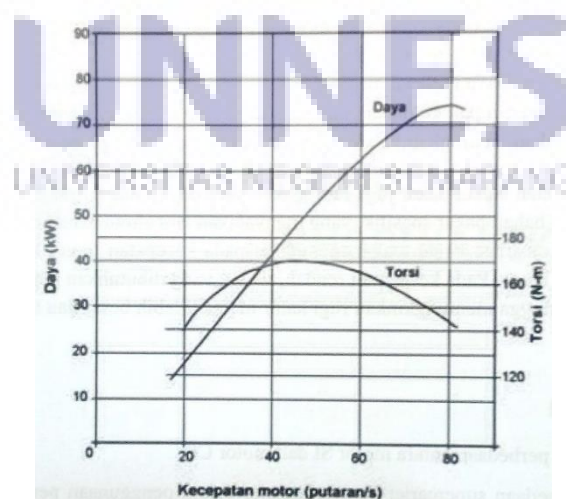
ρ = massa jenis bahan bakar yang digunakan

t = waktu yang diperlukan untuk konsumsi bahan bakar

Menurut Sururi dan Waluyo (2013:3) berpendapat bahwa semakin besar nilai SFC, berarti semakin boros pemakaian bahan bakarnya dengan perolehan daya yang sama. Sebaliknya, semakin kecil nilai SFC menunjukkan semakin hemat pemakaian bahan bakarnya. Dengan demikian, efisiensi bahan bakar akan didapatkan ketika nilai SFC yang dihasilkan menunjukkan nilai yang rendah. Kinerja mesin juga akan dapat diketahui ketika melihat nilai konsumsi bahan bakar (SFC) tinggi atau rendah.

a. Diagram Prestasi

Semakin tinggi putaran motor, semakin besar daya yang dihasilkan (Kristanto, 2015:30). Hal ini disebabkan semakin tinggi putaran motor, semakin banyak langkah kerja yang dilakukan. Dengan demikian muncul anggapan bahwa daya akan meningkat secara linier terhadap putaran (garis linier). Dapat dilihat pada diagram prestasi motor dibawah ini:



Gambar 2.6. Diagram Prestasi Motor
Sumber: Kristanto (2015:31)

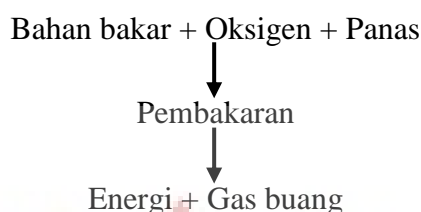
Pada kenyataan tidak demikian. Pada pengujian dengan beban penuh atau katup gas terbuka penuh (*Wide Open Throttle (WOT)*), kurva daya hanya linier sampai pada kecepatan tertentu (45 putaran/s dengan daya 50 kW). Jika putaran motor dinaikkan lagi, terbentuk kurva lengkung, bahkan mengarah ke bawah. Hal ini terjadi karena pada putaran lebih tinggi, perbedaan antara gerak translasi torak dan durasi pembukaan katup terlalu besar sehingga derajat pengisian silinder menjadi lemah. Akibatnya, tekanan efektif pada torak berkurang dan kerja persiklus yang dihasilkan menjadi rendah.

Daya maksimum sebesar 75.5 kW terjadi pada kecepatan motor 80 putaran/s, dengan torsi maksimum 170.5 N-m pada 50 putaran/s, daya sebenarnya masih dapat ditingkatkan, tetapi dengan laju peningkatan yang semakin berkurang, karena semakin lemahnya derajat pengisian silinder pada putaran tinggi. Demikian pula halnya terhadap torsi.

8. Emisi Kendaraan Bermotor

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin (Winarno, 2014:3). Menurut Nugraha dan Sriyanto (2007) menyatakan bahwa gas buang kendaraan bermotor disebabkan oleh tidak sempurnanya proses pembakaran didalam silinder motor sehingga dihasilkan gas dan partikel sisa pembakaran atau emisi gas buang yang mengandung unsur polutan yang berbahaya bagi kesehatan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa emisi kendaraan merupakan gas sisa hasil pembakaran didalam mesin yang mengandung unsur polutan yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Reaksi pembakaran campuran bahan bakar diperlukan proses pembakaran bahan bakar yang sempurna untuk menghasilkan energi. Syarat untuk terjadinya pembakaran sempurna adalah adanya bahan bakar, oksigen dan panas. Menurut Syahrani (2006:261) skema pembakaran didalam ruang bakar dapat digambarkan sebagai berikut:



Syahrani (2006:261) juga menjelaskan bahwa gambaran skema di atas merupakan reaksi pembakaran sempurna dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1. Persamaan reaksi pembakaran sempurna adalah sebagai berikut:

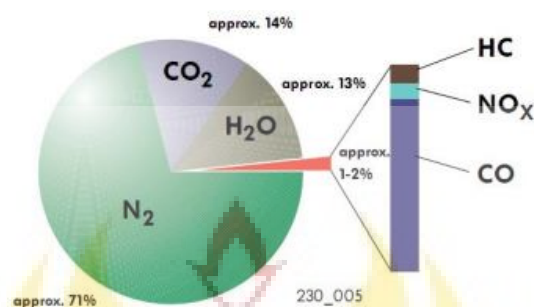


Dimana C_8H_{18} adalah bahan bakar yang digunakan yaitu bensin, kemudian oksigen (O_2) dari udara. Setelah pembakaran berlangsung maka terbentuk yang namanya gas buang yaitu karbondioksida (CO_2) yang lepas ke udara dan air (H_2O). Apabila pembakaran terjadi dengan sempurna, selain menghasilkan CO_2 dan H_2O gas buang hasil pembakaran pada kendaraan bermotor juga mengandung oksigen (O_2) dan nitrogen (N_2).

Menurut Winarno (2014:3) dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogenoksida (NO_x) dan partikulat. Arifin dan Sukoco (2009:34) menyatakan bahwa gas buang umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun N_2 (Nitrogen), CO_2 (Carbon dioksida), dan H_2O (Uap air) sebagian kecil merupakan

gas beracun seperti NO_x, HC dan CO. Senyawa berbahaya inilah yang nantinya menyebabkan pencemaran udara dan berbahaya bagi kesehatan.

Secara umum konsentrasi emisi gas buang kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 2.7. Konsentrasi emisi kendaraan bermotor

Sumber: Winarno, (2014:3)

Berdasarkan Gambar 2.7. dapat dinyatakan bahwa sebagian besar gas buang terdiri dari 71% N₂, 14% CO₂, 13% H₂O, 1%-2% sisanya berupa gas argon (gas mulia), 1.1% O₂ dan gas beracun yang terdiri dari 0.13% NO_x, 0.09% HC dan 0.9% CO. Meskipun presentase jumlah konsentrasi gas beracun pada hasil pembakaran mesin bensin sedikit, namun dengan jumlah dan jangka waktu tertentu gas beracun berupa NO_x, HC dan CO mampu memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia.

Kandungan senyawa pada emisi gas buang kendaraan berupa gas buang tidak dianggap beracun dan gas buang yang dianggap beracun. Senyawa gas buang berupa CO, HC, NO_x, SO_x, Pb dan Partikulat merupakan kelompok senyawa gas buang yang banyak dipersoalkan, karena senyawa-senyawa tersebut termasuk dalam senyawa gas buang yang dianggap beracun. Arifin dan Sukoco (2009:37-38) menjelaskan mengenai sumber penyebab dan pengaruh buruk dari gas-gas dan partikulat. Kemudian dilengkapi oleh penjelasan mengenai proses terbentuknya gas buang kendaraan oleh Syahrani (2006:262) sebagai berikut:

1) CO (*Carbon Monoxida*)

Tidak berwarna dan tidak beraroma. Tidak mudah larut dalam air. Perbandingan berat terhadap udara (1 Atm °C) 0.967. Di dalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO₂ (*Carbon Dioxide*). Berasal dari kendaraan bermotor 93%. Power generator 7%. Terutama tempat sumbernya adalah kendaraan disaat *idling*.

Akibat yang ditimbulkan diantaranya adalah akan bercampur dengan hemoglobin (COHb). Dengan bertambahnya COHb, fungsi pengaliran oksigen dalam darah akan terhalang. Di dalam darah bila terdapat COHb 5% (dalam udara CO 40 ppm) akan menimbulkan keracunan dalam darah.

Bila karbon didalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO₂ sebagai berikut :



Apabila unsur oksigen udara tidak cukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon didalam bahan bakar terbakar dengan proses sebagai berikut:



Emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar (AFR). Jadi untuk mengurangi CO, perbandingan campuran harus dikurangi atau dibuat kurus (*excess air*). Namun akibatnya HC dan Nox lebih mudah timbul serta output mesin menjadi berkurang.

2) HC (*Hydro Carbon*)

Merupakan ikatan kimia dari *Carbon (C)* dan *Hydrogen (H)*. Bentuk kimianya dibagi menjadi *parafine*, *naftaline*, *olefine* dan *aromatic N₂O* karena tidak

aktif, tidak menjadi persoalan. Sumber penyebab diantaranya kendaraan bermotor 57%, penyulingan minyak dan generator power 43%. Sumber utamanya adalah gas buang dari kendaraan atau macam-macam alat pembakaran dan lain-lainnya.

Akibat yang ditimbulkan bila kepekatan HC-nya bertambah tinggi akan merusak sistem pernafasan manusia (tenggorokan) terutama yang beracun adalah Benzena. *Hydro Carbon* aktif seperti susunan (*olefine* dan sebagainya) akan menyebabkan *photo chemical smoke* (smoke yang dimaksud disini adalah suatu kumpulan gugusan antara CO, HC dan N₂ yang bila terkena sinar matahari akan menimbulkan mata pedas). Dari jenis aromatik ada juga yang menyebabkan timbulnya kanker.

Sumber emisi HC dapat dibagi menjadi dua bagian, sebagai berikut:

- a. Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.
- b. Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang



Sebab utama timbulnya HC, sebagai berikut :

1. Sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran.
2. *Missing (missfire)*

Adanya *overlapping* katup (kedua katup bersama-sama terbuka) sehingga merupakan gas pembilas/pembersih.

9. Nilai *Air Fuel Ratio (AFR)* dan Lambda

Menurut Syahrani (2006:263) menyatakan bahwa emisi gas buang sangat tergantung pada perbandingan campuran bahan bakar dengan udara, jadi untuk

mengetahui kadar emisi gas buang maka alat uji emisi dilengkapi dengan pengukur nilai λ (lambda) atau *AFR (air-fuel ratio)* yang dapat mengindikasikan campuran tersebut. Teori stoichiometric menyatakan, untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 gram oksigen. Dengan kata lain, perbandingan campuran ideal = 14,7 : 1. Perbandingan campuran ini disebut AFR atau perbandingan udara dan bensin (bahan bakar).

Guna membandingkan antara teori dan kondisi nyata, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *lambda* (λ), secara sederhana, dituliskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{Teori stoichiometric}}$$

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7 maka:

$$\lambda = 14,7 / 14,7 : 1$$

$$\lambda = 14,7 / 14,7 = 1,0$$

Artinya:

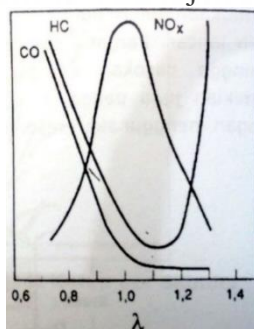
$\lambda = 1$; berarti campuran ideal

$\lambda > 1$; berarti campuran kurus (lebih banyak udara)

$\lambda < 1$; berarti campuran kaya (lebih banyak bahan bakar)

Hubungan antara AFR dengan gas buang, diasumsikan mesin dalam kondisi normal dengan kecepatan konstan, pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat NO_x meningkat, sebaliknya AFR kaya NO_x menurun tetapi CO dan HC meningkat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.8.

sebagai berikut:

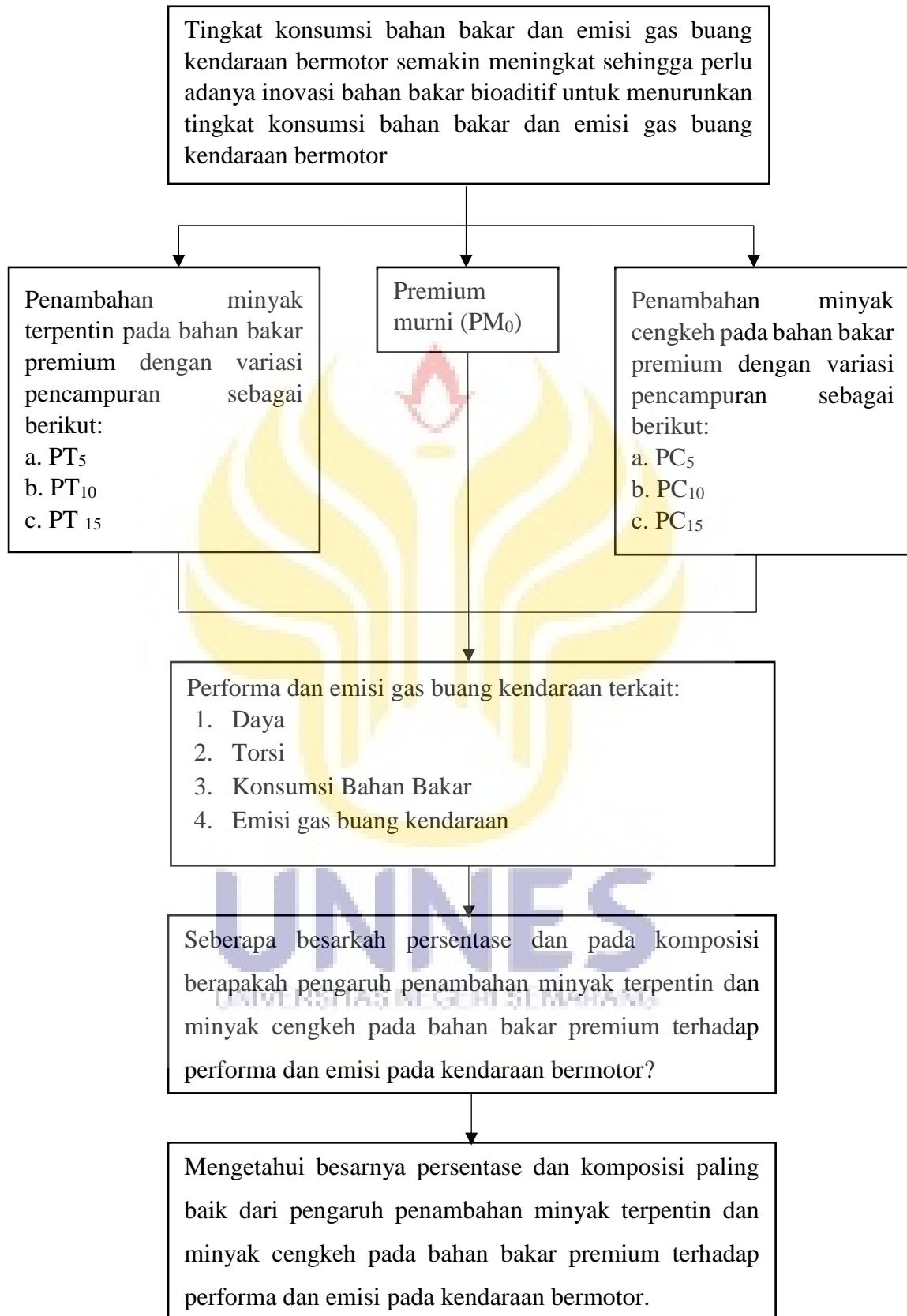


Gambar 2.8. Grafik perbandingan lamda (λ) dengan CO, HC dan NO_x
Sumber: Arifin dan Sukoco (2009:115)

B. Penelitian Yang Relevan

1. Silaban (2012:25) dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Penambahan Bio-aditif Pada Premium Terhadap Kinerja Motor Bakar menunjukkan bahwa dengan penambahan bioaditif pada bahan bakar (premium + aditif) terbukti dapat menghemat pemakaian bahan bakar, dan dari hasil perhitungan SFC dari semua variasi putaran memberikan nilai yang lebih rendah rata-rata 4,84%. Ditinjau dari efisiensi termal yang dihasilkan, bahwa pemakaian premium + aditif disemua variasi putaran lebih tinggi rata-rata sekitar 6,56%. Berdasarkan emisi yang dihasilkan, kadar HC dari premium + aditif hingga putaran 1900 rpm lebih tinggi dari premium, tetapi diputaran 2100 rpm menjadi lebih rendah. Sedangkan kadar CO dari keduanya memberikan hasil yang sama.
2. Sulistyono (2015:243) dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Terpentin Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor menyatakan bahwa hasil pencampuran 80% premium dan 20% minyak terpentin memberikan hasil paling baik. Emisi CO, HC, CO₂, paling sedikit ditemukan pada variasi pencampuran ini.
3. Kadarohman (2009:140) dalam penelitiannya yang berjudul Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar menyatakan bahwa komposisi solar-minyak cengkeh 0,6% mampu menurunkan laju konsumsi bahan bakar hingga 251,91 mL/jam relatif terhadap laju konsumsi minyak solar yang tidak direformulasi (263,58 mL/jam).

C. Kerangka Berfikir



D. Hipotesis Penelitian

1. Adanya pengaruh pada daya dan torsi mesin sepeda motor Jupiter MX 135 yang semakin meningkat dengan adanya penambahan perbandingan minyak terpentin dan minyak cengkeh yang dicampurkan dengan premium secara tepat.
2. Adanya pengaruh pada konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang sepeda motor Jupiter MX 135 yang semakin rendah dengan adanya penambahan perbandingan minyak terpentin dan minyak cengkeh yang dicampurkan dengan premium secara tepat.
3. Komposisi dengan perbandingan yang tepat pada campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh dengan bahan bakar premium mampu menghasilkan performa yang paling baik.
4. Komposisi dengan perbandingan yang tepat pada campuran minyak terpentin dan minyak cengkeh dengan bahan bakar premium mampu menghasilkan emisi gas buang yang paling rendah.

BAB V

PENUTUP

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Ada pengaruh penambahan minyak terpentin (*pinus sp*) dan minyak cengkeh karena semakin banyak persentase minyak terpentin ataupun minyak cengkeh yang dicampurkan dengan premium, hasil yang didapatkan menunjukkan adanya peningkatan performa baik pada pengujian daya, torsi dan penurunan pada konsumsi bahan bakar spesifik kecuali pada bahan bakar PC₅ yang menunjukkan adanya penurunan daya dan torsi dibandingkan premium murni.
2. Ada pengaruh penambahan minyak terpentin (*pinus sp*) dan minyak cengkeh karena semakin banyak persentase minyak terpentin ataupun minyak cengkeh yang dicampurkan dengan premium, hasil yang didapatkan menunjukkan adanya penurunan pada emisi gas buang kendaraan bermotor baik pada pengujian CO maupun HC.
3. Pada pengujian performa kendaraan mengenai daya dan torsi pada putaran 6000 rpm, campuran bahan bakar yang paling baik yaitu pada campuran PC₁₅ dengan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 5258.96 W dan torsi yang dihasilkan sebesar 11.00 N-m. Konsumsi bahan bakar paling baik ditunjukkan pada campuran bahan bakar PC₁₅ dengan rata-rata sebesar 0.528 kg/h.
4. Pada pengujian emisi gas buang kendaraan mengenai CO dan HC, campuran bahan bakar yang paling baik yaitu pada campuran PC₁₅ dengan rata-rata CO yang dihasilkan sebesar 4.38% dan HC yang dihasilkan sebesar 415.5 ppm.

B. SARAN

1. Meningkatkan performa kendaraan bermotor pada daya, torsi dan konsumsi bahan bakar gunakan minyak cengkeh sebagai campuran bahan bakar, karena nilai oktannya lebih tinggi dibandingkan campuran bahan bakar yang lain.
2. Mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor khususnya pada CO dan HC, gunakan minyak cengkeh sebagai campuran bahan bakar premium karena emisi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan emisi pada campuran minyak terpentin dengan premium dan emisi pada bahan bakar premium murni.
3. Tidak disarankan menggunakan bahan bakar PC₅ jika ingin mendapatkan performa yang baik, khususnya daya dan torsi karena daya dan torsi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan premium murni. Untuk konsumsi bahan bakar jangan gunakan premium murni karena konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan paling tinggi dibanding bahan bakar lainnya.
4. Tidak disarankan menggunakan premium murni jika menginginkan penurunan emisi gas buang kendaraan khususnya CO dan HC karena emisi gas buang yang dihasilkan paling tinggi dibanding bahan bakar lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [AISI] Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia. 2016. *Statistic ; Motorcycle Production Wholesales Domestic and Exports*. Tersedia pada [http//AISI - Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia_Statistic.html](http://AISI - Asosiasi Industri Sepedamotor Indonesia_Statistic.html) [diakses pada tanggal 01 Februari 2016 Pukul 19.25 WIB].
- Arends, B.P.M. dan Berenschot, H. 1980. *Motor Bensin*. Translated by Sukrisno, U. Jakarta: Erlangga
- Arifin, Z. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta
- Arijanto dan Saputra, T.F. 2015. Pengujian Bahan Bakar Gas Pada Mesin Sepeda Motor Karburator Ditinjau Dari Aspek Torsi dan Daya. *Jurnal Teknik Mesin ROTASI Vol. 17, No.2*: 105-113.
- [BBPP] Balai Besar Pelatihan Pertanian Ketindan. 2013. Peluang dan Tantangan Pengembangan Minyak Atsiri. Tersedia pada [http//Peluang dan Tantangan Pengembangan Minyak Atsiri _ bbppketindan.bpsdmp.pertanian.go.id.html](http://Peluang dan Tantangan Pengembangan Minyak Atsiri _ bbppketindan.bpsdmp.pertanian.go.id.html) [diakses pada tanggal 01 Februari 2016 Pukul 19.05 WIB.]
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. *Penduduk Indonesia :Hasil Survei Penduduk Antar Sensus 2015*. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI 06-2387-2006: Minyak Daun Cengkeh.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 7633:2011: Minyak Terpentin.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (n.d). Cadangan Minyak Bumi. Tersedia pada <http://statistik.migas.esdm.go.id/index.php?r=cadanganMinyakBumi/index> [diakses pada tanggal 01 Februari 2016 Pukul 19.30 WIB].
- Direktorat Pemasaran dan Niaga, PT. Pertamina (Persero). 2007. *Premium. Material Safety Data Sheet*. PT. Pertamina (Persero).
- Direktorat Pembenihan Tanaman Hutan. 2011. Pinus Merkusii Jungh. et de Vriese. *Informasi Singkat Benih No. 12*. Bandung: Direktorat Pembenihan Tanaman Hutan.
- Goering et al. 2003. Engine Performance Measures. *Chapter 2. American Society Agriculture Engineers.*: 19-36.
- Guenther, E. 1972. *Minyak Atsiri (Jilid IV B)*. Translated by Ketaren, S. 1990. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

- Haneke, K.E. 2002. Turpentine (Turpentine Oil, Wood Turpentine, Sulfate Turpentine, Sulfite Turpentine). *Review of Toxicological Literature*. [8006-64-2].
- Jayanudin. 2011. Komposisi Kimia Minyak Atsiri Daun Cengkeh Dari Proses Penyulingan Uap. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 10 No. 1*. 37-42.
- Kabib, M. 2009. Pengaruh Pemakaian Campuran Premium Dengan Champhor Terhadap Performasi dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin Toyota Kijang Seri 4K. *Jurnal Sains dan Teknologi Vol.2 No.2*.
- Kadarohman, A. 2009. Eksplorasi Minyak Atsiri sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. *Jurnal pengajaran MIPA*. Vol 14 No. 2
- Khoir, M dan Marsudi. 2014. Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* dan Busi Iridium Terhadap Performa Sepeda Motor Honda Supra X 125 CC Tahun Perakitan 2011. *Jurnal Teknik Mesin*. 2/2:79-88.
- Kristanto, P. 2015. *Motor Bakar Torak [Teori & Aplikasinya]*. Yogyakarta. Andi.
- Kompas. 2015. Cadangan Minyak Indonesia Tinggal 3,7 Miliar Barrel. *Kompas*. Tersedia pada <http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2015/09/07/073500026/Cadangan.Minyak.Indonesia.Tinggal.3.7.Miliar.Barrel> [diakses pada 23 Mei 2016 Pukul 15.03 WIB]
- Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. 2016. *Laporan Hasil Uji*. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Ma'mun *et al.* 2011. Minyak Atsiri Sebagai Bio Aditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak. *Laporan Teknis Penelitian Tahun anggaran 2011 Bali Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*.
- Mutiarani, A. 2015. Tingkat Pencemaran Udara Indonesia Tertinggi Ketiga di Dunia, Bagaimana Cara Mengatasinya?. *Kompasiana*. Tersedia pada <http://www.kompasiana.com/auliamutiarani/tingkat-pencemaran-udara-Indonesia-tertinggi-ketiga-di-dunia-bagaimana-cara-mengatasinya> 551b90d fa33311b228b65a0d [diakses pada 23 Maret 2016 pukul 16.08 WIB].
- Nugraha, B.S. dan Sriyanto, J. 2007. Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan Vol. 5, No.2.*: 692-706.
- Perum Perhutani. 2014. Terpentin. http://Perum Perhutani_Terpentin.html. Diakses pada tanggal 28 Januari 2016 Pukul 15.35 WIB.

- Putri, R. 2012. Kini, Daun Cengkeh Kering Diolah Jadi Minyak. *Kompas*. Tersedia pada [http//Kini, Daun Cengkeh Kering Diolah Jadi Minyak - Kompas.com.html](http://Kini, Daun Cengkeh Kering Diolah Jadi Minyak - Kompas.com.html) [diakses pada tanggal 30 Januari 2016 Pukul 20.05 WIB].
- Raharjo W.D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: UNNES PRESS.
- Rajagukguk, J. 2012. Analisis Performa Mesin Bensin dengan Pengujian Angka Oktan Berbeda. *Jurnal Teknokris*. 10/1: 4-11.
- Ramelan. 2010. *Motor Bakar*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Razafimamonjison et al. 2011. Bud, leaf and stem essential oil composition of clove (*Syzygium aromaticum* L.) from Indonesia, Madagascar and Zanzibar. Tersedia pada <http://afs4food.cirad.fr/> [diakses pada tanggal 08 Maret 2016 Pukul 21.05 WIB]
- Saepudin, A. dan Admono, T. 2005. Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta. *Teknologi Indonesia* 28 (2) :29-39. LIPI Press
- Safrudin, I., Maimulyanti, A. dan Prihadi, A.R. 2015. Effect of crushing of clove bud (*Syzygium aromaticum*) and distillation rate on main constituents of the essential oil. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*. 2 (3): 12-15.
- Salazar, F. 1998. *Internal Combustion Engine*. Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame.
- Sastrohamidjojo, H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Silaban, M. 2012. Pengaruh Penambahan Bio-aditif Pada Premium Terhadap Kinerja Motor Bakar. *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi, Vol. 1 No. 14.* :15-26.
- Soenarta, N. dan Furuhamas, S. 1995. *Motor Serba Guna*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sugiyono, A. 2005. Pemanfaatan Biofuel Dalam Penyediaan Energi Nasional Jangka Panjang. PTPSE – BPPT.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

- Sulistyo, B. 2015. Manfaat Terpentin Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor. *Jurnal Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Purworejo*.
- Sunaryo. 2015. Aplikasi Water Injection System Terhadap Performa Kendaraan Bermotor. *Jurnal PPKM II*: 84-90.
- Suprpto. 2004. Bahan Bakar Dan Pelumas. *Paparan Kuliah*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Unnes.
- Sururi, E. dan Waluyo, B. 2013. Kaji Eksperimen: Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe EN-125. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*. Palembang
- Sutoyo. 2011. *Dasar Mesin Bensin dan Mesin Diesel*. Magelang. Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Suyanto, W. 1989. *Teori Motor Bensin*. Jakarta: P2LPTK
- Syahrani, A. 2006. Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *Jurnal SMARTek, Vol. 4, No. 4*. 260 – 266.
- [UPT] Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. 2016. *Hasil Analisis Sampel*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Winarno, J. 2014. Studi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan Dan Tahun Pembuatan. Tersedia pada <http://jurnalteknik.janabadra.ac.id/> [diakses pada tanggal 25 Februari 2016 Pukul 20.50 WIB].
- Wiyono, B., Tachibana, S. dan Tinambunan, D. 2006. Chemical Composition of Indonesian Pinus Merkusii Turpentine Oils, Gum Oleoresins and Rosins from Sumatra and Java. *Pakistan Journal of Biological Science*. 9(1):7-14.