



**PENGARUH CAMPURAN PREMIUM DENGAN
MINYAK CENGKEH TERHADAP PERFORMA MESIN,
EMISI GAS BUANG DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR
PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

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

UNNES
oleh
Zaeni Ali Rosidin
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
5201411085

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

2016

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Zaeni Ali Rosidin

NIM : 5201411085

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : Pengaruh Campuran Premium dengan Minyak Cengkeh terhadap Performa Mesin, Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor 4 Langkah.

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 197403211999031002

Sekretaris : Dr. Rahmat Doni W. S.T., M.T. (.....)
NIP. 197509272006041002

Dewan Penguji

Pendamping : Dr. M. Burhan Rubai W. M.Pd. (.....)
NIP. 196302131988031001

Penguji Utama I : Drs. Suprpto. M.Pd. (.....)
NIP. 195508091982031002

Penguji Utama II : Dr. Eng. Karnowo, S.T., M.Eng. (.....)
NIP. 197706062005011001

Penguji Pendamping : Dr. M. Burhan Rubai W. M.Pd. (.....)
NIP. 196302131988031001

Ditetapkan tanggal

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Nur. Qudus, M.T.

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zaeni Ali Rosidin

NIM : 5201411085

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknik

Universitas : Universitas Negeri Semarang

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Campuran Premium dengan Minyak Cengkeh terhadap Performa Mesin, Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor 4 Langkah”** disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan tercantum dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 14 Maret 2016


UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Zaeni Ali Rosidin

5201411085

ABSTRAK

Rosidin, Zaeni Ali. 2016. Pengaruh Campuran Premium dengan Minyak Cengkeh terhadap Performa Mesin, Emisi Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor 4 Langkah. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.

Kata Kunci : minyak cengkeh, performa mesin, emisi gas buang

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh campuran premium dengan minyak cengkeh terhadap performa mesin, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 4 langkah.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan statistik deskriptif, dilakukan pada sepeda motor Supra X 125 cc. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah 0% (premium murni), 1% (campuran minyak cengkeh 1 % dan premium 99 %), 2% (campuran minyak cengkeh 2 % dan premium 98 %), 3% (campuran minyak cengkeh 3 % dan premium 97 %) dan 4% (campuran minyak cengkeh 4 % dan premium 96 %). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah torsi, daya, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh campuran premium dengan minyak cengkeh terhadap daya, torsi, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor. Daya dan torsi maksimal dihasilkan pada campuran 2%. Pencampuran premium dengan minyak cengkeh pada campuran 2% dapat meningkatkan daya sebesar 0,07 kW atau dengan persentase peningkatan sebesar 2,08% dan torsi sebesar 0,26 Nm atau dengan persentase peningkatan sebesar 2,56%. Konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan pada campuran 4% dengan rata-rata selisih dengan campuran 0% atau premium murni sebesar 0,05% atau dengan persentase penurunan sebesar 11,63%. Sedangkan kadar emisi gas buang untuk CO dan HC terendah dihasilkan pada campuran 3%, untuk kandungan CO dengan rata-rata selisih dengan campuran 0% atau premium murni sebesar 0,75% atau dengan persentase penurunan sebesar 15,31% dan kandungan HC dengan rata-rata selisih dengan campuran 0% atau premium murni sebesar 392,11 ppm atau dengan persentase penurunan sebesar 50,01%.

ABSTRACT

Rosidin, Zaeni Ali. 2016. *The influence of mixed premium with clove oil to engine performance, emission of exhaust gases and fuel consumption on motorcycle 4 stroke. Final Project. Mechanical Engineering Department. Faculty of Engineering. Semarang State University. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.*

Keywords : Clove oil, engine performance, emission of exhaust gases

The purpose of this research was to know the influence of mixed premium with clove oil to engine performance, emission of exhaust gases and fuel consumption on motorcycle 4 stroke.

This research used experimental methods with descriptive statistick, carried out on a motorcycle Supra X 125 cc. The dependent variables used in this research was 0% (pure premium), 1% (premium 99% and clove oil 1% mixed), 2% (premium 98% and clove oil 2% mixed), 3% (premium 97% and clove oil 3% mixed), and 4% (premium 96% and clove oil 98% mixed). The independent variables in this research was torque, power, emission of exhaust gases and fuel consumption.

The result of this study showed that there was influence of premium mixed with clove oil to power, torque, emissions of exhsaust gases and fuel consumption on a motorcycle. Power and maximum torque produced by the mixture of 2%. Premium mixing with clove oil on a mixture of 2% can increase the power of 0.07 kW or with a percentage increase of 2.08% and a torque of 0.26 Nm or with a percentage increase of 2.56%. The lowest fuel consumption resulting in a mixture of 4% with an average difference with a mixture of 0% or pure premium of 0.05% or the percentage decrease of 11.63%. While the exhaust emission levels for CO and HC produced the lowest on a mixture of 3%, for the CO content with an average difference with a mixture of 0% or pure premium of 0.75% or the percentage decrease of 15.31% and the average content of HC -rata difference with a mixture of 0% or pure premium of 392.11 ppm or percentage decrease of 50.01%.

KATA PENGANTAR

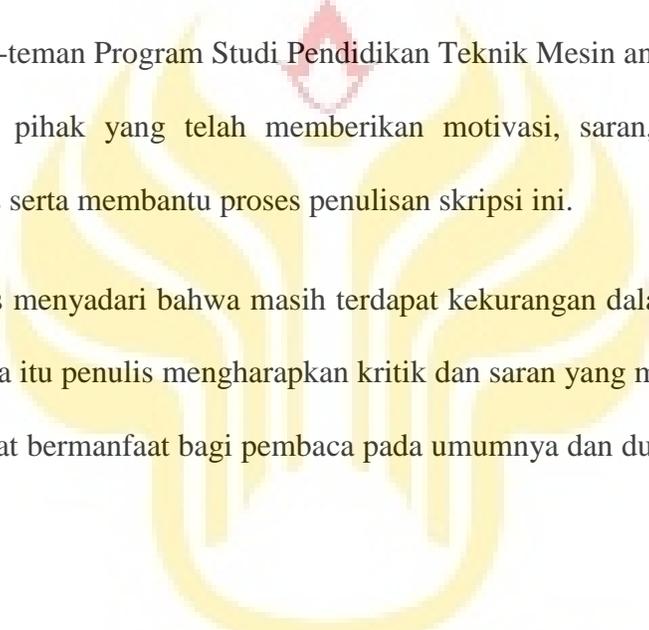
Alhamdulillahirobbil'alamin, dengan rahmat, hidayah dan inayah dari Alloh Subhanahuwata'ala penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Campuran Premium dengan Minyak Cengkeh terhadap Performa Mesin, Emisi Gas Buang dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor 4 Langkah". Skripsi ditulis dalam rangka menyelesaikan studi Strata 1 untuk mendapat gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati disampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T, Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T, Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. M. Burhan Rubai W., M.Pd., sebagai pembimbing dan penguji pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran.
5. Drs. Suprpto, M.Pd., penguji utama I yang telah memberikan banyak masukan dan saran.

6. Dr. Eng. Karnowo, S.T., M.Eng, penguji utama II yang telah memberikan banyak masukan dan saran.
7. Bapak Zaenal Abidin dan Ibu Neni Apriati selaku orang tuaku dan keluarga atas semangat dan semua motivasi yang tcurahkan.
8. Adik-adikku Zaeni Ibnu Hammam dan Zaeni Mufti Al-Khasbi yang telah memberikan dukungan, motivasi, semangat, dan canda tawa tanpa hentinya.
9. Teman-teman Program Studi Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2011
10. Semua pihak yang telah memberikan motivasi, saran, masukan kepada penulis serta membantu proses penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia pendidikan pada khususnya.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, Februari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Pembatasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
A. Kajian Teori.....	8
1. Pengertian bahan bakar	8
2. <i>Delay period</i>	10
3. Bahan bakar bensin	12
4. Komponen utama minyak cengkeh.....	13
5. Prinsip kerja motor 4 langkah	14
6. Campuran minyak cengkeh dan premium.....	17

	7. Parameter dalam performa mesin.....	18
	8. Parameter dalam emisi gas buang	19
	9. AFR (<i>air fuel ratio</i>).....	22
	10. Perhitungan rumus-rumus pembakaran kimia minyak cengkeh ($C_{10}H_{12}O_2$) dan premium (C_8H_{18}).	23
	11. Rumus reaksi pembakaran dan perhitungan AFR untuk variasi bahan bakar 1%, 2%, 3% dan 4%.....	28
	12. <i>Chasis dynamometer</i>	29
	B. Kajian Penelitian yang Relevan	30
	C. Kerangka Pikir Penelitian.....	32
	D. Hipotesis.....	33
BAB III	METODE PENELITIAN.....	34
	A. Bahan Penelitian.....	34
	B. Alat dan Skema Peralatan Penelitian	35
	C. Prosedur Penelitian.....	37
	1. Diagram alir pelaksanaan penelitian	37
	2. Proses penelitian.....	38
	3. Data penelitian.....	42
	4. Analisis data	43
BAB IV	HASIL PENELITIAN.....	44
	A. Hasil Penelitian	44
	1. Uji laboratorium bahan bakar.....	44
	2. Uji performa mesin.....	45
	3. Uji emisi gas buang.....	49
	B. Pembahasan.....	50
	1. Performa mesin	50
	2. Emisi gas buang	56
	C. Keterbatasan Penelitian	60
BAB V	PENUTUP	61

A. Simpulan.....	61
B. Saran Pemanfaatan Hasil Penelitian.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	65



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batasan sifat bahan bakar bensin jenis 88	13
Tabel 2.2 Standar mutu minyak daun cengkeh menurut SNI 1991	14
Tabel 4.1 Hasil Uji Laboratorium Bahan Bakar	45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Daya (kW)	45
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Torsi (Nm)	46
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	47
Tabel 4.5 Hasil Pengujian CO	49
Tabel 4.6 Hasil Pengujian HC	50
Tabel 4.7 Lembar pengumpul data penelitian dengan campuran 0%	73
Tabel 4.8 Lembar pengumpul data penelitian dengan campuran 1%	74
Tabel 4.9 Lembar pengumpul data penelitian dengan campuran 2%	75
Tabel 4.10 Lembar pengumpul data penelitian dengan campuran 3%	76
Tabel 4.11 Lembar pengumpul data penelitian dengan campuran 4%	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram pT <i>delay period</i>	11
Gambar 2.2 Diagram pV untuk siklus ideal otto.....	14
Gambar 2.3 Hubungan antara perbandingan udara-bahan bakar dan konsentrasi CO didalam gas buang	21
Gambar 3.1 Skema instalasi pengujian daya dan torsi.....	36
Gambar 3.2 Rancangan Penelitian	37
Gambar 4.1 Grafik Daya (kW) vs Putaran Mesin (Rpm)	46
Gambar 4.2 Grafik Torsi (Nm) vs Putaran Mesin (Rpm).....	47
Gambar 4.3 Grafik Konsumsi Bahan Bakar vs Putaran Mesin (Rpm)	48
Gambar 4.4 Grafik CO (%) vs Putaran Mesin (Rpm).....	49
Gambar 4.5 Grafik HC (ppm) vs Putaran Mesin (Rpm).....	50
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Daya, Torsi dan Konsumsi BB (kg/jam).....	110
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara CO (%) dan HC (ppm)	111

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Surat Tugas Dosen Pembimbing	66
Lampiran 2 Surat Penelitian Performa Mesin.....	67
Lampiran 3 Surat Penelitian Emisi Gas Buang.....	68
Lampiran 4 Surat Tugas Dosen Penguji.....	69
Lampiran 5 Hasil Uji Laboratorium Bahan Bakar	70
Lampiran 6 Karakteristik Bahan Bakar Premiun	71
Lampiran 7 Hasil Pengambilan Data Penelitian	72
Lampiran 8 Contoh perhitungan	78
Lampiran 9 Hasil <i>Dynotest</i> Daya dan Torsi.....	80
Lampiran 10 Hasil Uji Emisi	95
Lampiran 11 Grafik Hubungan antara Daya, Torsi dan Konsumsi BB	110
Lampiran 12 Grafik Hubungan antara CO dan HC	111
Lampiran 13 Foto Dokumentasi Penelitian.....	112



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tahun 2015 Indonesia menjadi salah satu negara pengimpor minyak bumi terbesar di dunia, ketersediaan minyak bumi ini semakin berkurang sementara penggunaannya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktifitas industri, meningkatnya angka kendaraan bermotor dan sebagainya. Sehingga pencarian sumber energi yang *renewable* merupakan suatu keharusan. Sejalan dengan itu, seiring dengan meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor berdampak pada banyaknya polutan emisi gas buang serta menambah kerusakan yang nyata terhadap lingkungan.

Selain permasalahan menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia, premium atau bensin yang beredar di pasaran Indonesia masih menggunakan timbal sebagai bahan aditif untuk menaikkan angka oktan agar terjadi pembakaran yang sempurna. Zat aditif timbal memang memiliki beberapa keuntungan karena tingkat ekonomi yang murah serta mempunyai sensitivitas tinggi untuk menaikkan angka oktan sehingga hanya diperlukan timbal sedikit saja untuk dapat menaikkan angka oktan yang sesuai dengan yang diinginkan. Namun demikian aditif berupa timbal ini mempunyai efek polutan yang jauh berbahaya selain dapat mengganggu kesehatan lingkungan dan manusia. Polutan bensin dengan timbal mempunyai efek toksit yang sangat tinggi dan menyebabkan keracunan serta penurunan kecerdasan pada anak-anak. Selain itu, polutan emisi bahan bakar saat ini masih banyak mengandung

beberapa senyawa berbahaya seperti Carbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Hidro Carbon (HC) yang memberikan dampak nyata bagi peningkatan suhu dalam atmosfer yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca (*Green House Effect*).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 05 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama yaitu untuk sepeda motor 2 langkah tahun pembuatan kurang dari 2010 parameter CO 4,5% dan HC 1200 ppm, sepeda motor 4 langkah tahun pembuatan kurang dari 2010 parameter CO 5,5% dan HC 2400 ppm dan sepeda motor 2 atau 4 langkah tahun pembuatan lebih dari samadengan 2010 parameter CO 4,5% dan HC 2000 ppm. Sedangkan data dari kementerian lingkungan hidup (KLH) menyebutkan bahwa emisi gas buang dari kendaraan yang berbahan bakar bensin berkontribusi 70% karbonmonoksida (CO), 100 % timbal (Pb), 60 % hidrokarbon (HC), dan 60 % nitrogen oksida (NO₂). Dampak emisi gas buang kendaraan bermotor dapat berbagai sektor, maka besarnya emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan tidak boleh melebihi standar bahan baku mutu emisi yang dikeluarkan pemerintah.

Hal ini sejalan dengan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dan Inpres No. 1 Tahun 2006 tentang Upaya Percepatan Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain. Sumber energi ini diharapkan dapat diperbaharui sehingga menjamin keberlangsungan kehidupan manusia dalam hal sarana transportasi. Untuk mengatasi masalah-masalah di atas dapat diupayakan antara lain dengan mencari bahan bakar alternatif yang *renewable* dan ramah terhadap lingkungan, mencari solusi

penganekaragaman bahan bakar sehingga ke depannya negara tidak tergantung pada bahan bakar fosil yang *unrenewable* dan mengembangkan bahan bakar baru dan terbarukan yang potensial untuk dikembangkan serta mempunyai keunggulan bagi Indonesia di pasar internasional.

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin dengan batas kompresi hingga 9,0:1 pada semua jenis kondisi (Putra, dkk, 2014:5). Premium merupakan bahan bakar yang banyak digunakan pada sektor transportasi baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Kebutuhan bahan bakar premium pada tahun 2004 sejumlah 16.418 ribu KL ini, dipenuhi oleh kilang didalam negeri sebesar 11.436 ribu KL dan sisanya sebesar 4.982 ribu KL diimpor. Mengingat kebutuhan premium terus meningkat sedangkan produksi dari tahun ketahun cenderung tetap, maka dapat diperkirakan bahwa dimasa mendatang impor premium ini akan terus meningkat (Wahid, 2006:63). Salah satu alternatif dalam mengurangi impor premium adalah dengan pemilihan aditif organik pada bahan bakar yang berasal dari tumbuhan alam yang dapat menyempurnakan pembakaran sehingga konsumsi bahan bakar lebih sedikit.

Menurut (Kadarohman, 2009:122) Indonesia merupakan produsen utama beberapa minyak atsiri atau minyak esensial, seperti Minyak Nilam (*Patchouli Oil*), Minyak Akar Wangi (*Vertiver Oil*), Minyak Sereh Wangi (*Cintronella Oil*), Minyakkenanga (*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*). Minyak atsiri dapat larut dalam minyak bensin dan hasil analisis terhadap komponen penyusunnya banyak mengandung atom oksigen, yang diharapkan dapat meningkatkan pembakaran bahan bakar dalam mesin. Hal lain yang cukup penting dari struktur ruang senyawa penyusun minyak atsiri, ada yang dalam bentuk siklis dan rantai terbuka diharapkan dapat menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun bensin sehingga proses pembakaran akan lebih efektif. Berdasarkan uraian di atas penting untuk diteliti mengenai karakterisasi bioaditif dari minyak atsiri serta uji kinerjanya terhadap kinerja mesin yang menggunakan bahan bakar bensin. Minyak cengkeh, minyak terpentin, minyak pala, minyak gandapura, minyak sereh, dan minyak kayu putih adalah minyak atsiri yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai bioaditif bahan bakar bensin karena dari tinjauan terhadap struktur senyawa penyusunnya, material ini memiliki rantai siklik dan ketersediaan oksigen yang cukup besar (Kadarohman, 2009:123).

Minyak cengkeh (*Eugenia caryophyllata Tumberg*) diperoleh dengan cara destilasi uap dari buah atau daun pohon cengkeh yang telah gugur. Komponen utamanya adalah senyawa aromatik yang disebut *eugenol* sekitar 80-85% dan *karyofilen* sekitar 10-15% (Sastrohamidjojo, 2004:21). Ia dapat dikelompokkan dalam keluarga *alilbenzena* dari senyawa-senyawa *fenol*. Eugenol berupa zat cair berbentuk cairan jernih tidak berwarna yang akan berubah secara lambat menjadi kekuningan bila terkena udara (Sastrohamidjojo, 2004:120). Eugenol dapat larut dalam alkohol, eter, kloroform serta sedikit dalam air serta mempunyai rumus

molekul $C_{10}H_{12}O_2$ bobot molekulnya adalah 164,20 dan titik didih 250-255°C (Bulan, 2004:2). *Euganol* berperan untuk memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar. (Choi dalam Kadarohman, 2009:140) mengemukakan bahwa atom oksigen di dalam bahan bakar akan berperan untuk mengoksidasi jelaga dan gas karbon monoksida (CO) sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diadakan penelitian dengan judul “PENGARUH CAMPURAN PREMIUM DENGAN MINYAK CENGKEH TERHADAP PERFORMA MESIN, EMISI GAS BUANG DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka identifikasi masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Kelangkaan bahan bakar yang berdampak pada kehidupan sehingga harus diganti dengan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.
2. Pengaruh campuran premium dan minyak cengkeh terhadap daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor.
3. Pengaruh campuran premium dan minyak cengkeh terhadap emisi gas buang pada sepeda motor.

C. Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Mesin yang digunakan adalah Supra X 125cc tahun 2008 satu silinder yang perbandingan kompresinya 9 : 1.

2. Sudut pengapian tidak diubah.
3. Pengujian dilakukan dengan beban tetap.
4. Bahan bakar yang digunakan premium dan minyak cengkeh dengan presentase 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%
5. Pengujian daya dan torsi dilakukan pada *Dynamometer*.
6. Pengujian emisi gas buang dilakukan pada *Gas Analyzer*.
7. Pengambilan data performa mesin pada saat putaran mesin 2000 sampe 4500 rpm, dengan range 500 rpm.
8. Pengambilan data emisi gas buang pada saat putaran mesin 1500 sampe 2500 rpm, dengan range 500 rpm.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium pada mesin terhadap daya dan torsi pada sepeda motor ?
2. Bagaimana pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium terhadap emisi gas buang pada sepeda motor ?
3. Bagaimana pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium pada mesin terhadap daya dan torsi pada sepeda motor.

2. Mengetahui pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium pada mesin terhadap emisi gas buang pada sepeda motor.
3. Mengetahui pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium pada mesin terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh campuran minyak cengkeh dengan premium pada mesin terhadap daya, torsi, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 125cc
2. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat maupun kalangan industri otomotif tentang alternatif bahan bakar premium dengan minyak cengkeh.
3. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan penelitian untuk ditindak lanjuti dalam penelitian berikutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pengertian Bahan Bakar

Bahan Bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. Tanpa adanya bahan bakar tersebut pembakaran tidak akan mungkin dapat berlangsung. Banyak jenis bahan bakar yang dapat dikenal dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan asalnya bahan bakar dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu (1) Bahan bakar nabati, (2) bahan bakar mineral, (3) bahan bakar fosil. Menurut Maleev (1945:42) bahan bakar yang digunakan pada mesin pembakaran dalam dibedakan menjadi tiga yaitu gas, cair, dan padat. Komposisi utama dari bahan bakar terdiri dari hydrogen dan karbon. Biasanya sering disebut sebagai hidrokarbon. Rumus kimia dari bahan bakar adalah C_nH_m .

Karakteristik dan nilai pembakaran yang dimiliki oleh setiap bahan bakar berbeda-beda. Karakteristik inilah yang menentukan sifat-sifat dalam proses pembakaran, dimana sifat yang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bahan-bahan kimia kedalam bahan bakar tersebut, dengan harapan akan mempengaruhi daya anti *knocking* atau daya letup dari bahan bakar, dan dalam hal ini menunjuk apa yang dinamakan dengan bilangan oktan (*octane number*). Angka oktan atau disebut juga bilangan oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan dari suatu bahan bakar terhadap detonasi

(Suyanto, 1989:133). Bilangan tersebut sangat mempengaruhi proses pembakaran bahan bakar dalam motor bensin atau mesin pembakaran dalam.

Tujuan dari pembakaran bahan bakar adalah untuk memperoleh energi yang disebut energi panas (*heat energy*). Hasil pembakaran bahan bakar berupa energi panas dapat dibentuk menjadi energi lain, misalnya: energi mekanis, energi penerangan dan sebagainya. Oleh karena itu, setiap hasil pembakaran bahan bakar akan didapatkan suatu bentuk energi yang lain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Oleh karena sisa gas dari pembakaran yang kurang sempurna akan dapat berpengaruh negatif dan membahayakan lingkungan. Sisa pembakaran ini mengandung gas-gas beracun dan membahayakan seperti Nox, CO₂, SO₂, CO dan HC, terutama ditimbulkan oleh pembakaran pada motor bensin.

Sifat-sifat fisik bahan bakar diketahui adalah sebagai berikut:

a. Berat Jenis

Berat jenis adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat dari air dalam volume yang sama dan suhu yang sama pula (60⁰F). Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai berat jenis antara 0,82-0,96 dengan kata lain minyak lebih ringan daripada air. Dalam perdagangan international, berat jenis dinyatakan dalam API (*American Petroleum Institute*). 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 atau aspal residu. (Suprpto, 2004:26).

b. 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. Cara mengukur viskositas dengan jalan menghitung lama waktu mengalirnya suatu minyak yang banyaknya telah ditentukan melalui lubang viskometer.

Viskositas atau 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 (Suprpto, 2004:27).

c. Nilai Kalori

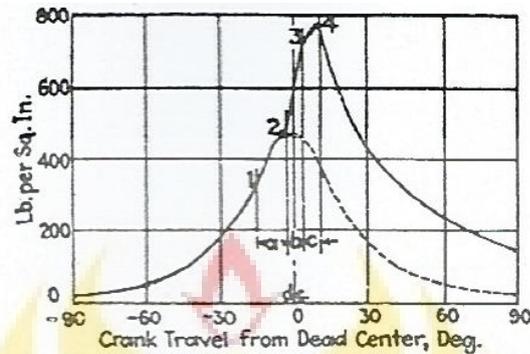
Nilai kalori bahan bakar minyak adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar di dalam zat asam. Makin tinggi berat jenis minyak bakar, makin rendah nilai kalori yang diperolehnya. Misalnya bahan bakar minyak dengan berat jenis 0,75 atau grafitasi API 70,6 mempunyai nilai kalori 11.700 kal/gr (Suprpto, 2004:27).

2. *Delay Period*

Delay periode yaitu proses penundaan pemercikan bunga api dalam pembakaran dalam sudut tertentu. Pemahaman tentang *delay period* atau periode penundaan pengapian, sebagaimana disampaikan oleh Maleev (1945:206) sebagai berikut:

Delay period terdiri dari 2 bagian yaitu periode pemanasan ketika rintik bahan bakar dingin adalah terpanasi, menguapkan, dan menghasikan temperatur pengapian dan periode penundaan pengapian sebenarnya itu

berakhir ketika awal penyalaan partikel sebenarnya. Bagaimanapun, didalam mesin sulit membedakan antara kedua periode tersebut sehingga *delay period* adalah ukuran dari awal penginjeksian pengapian. *Delay period* sekarang sangat penting, sama seperti pengaruh utama kerja mesin. Semakin singkat *delay period* memberikan kerja lebih halus, semakin lama *delay period* akibatnya mesin lebih kasar dan berisik.



Gambar 2.1 Diagram pT *delay period*

Sumber: Internal Combustion Engine (Maleev, 1945:206)

Menurut Maleev (1945:206) proses dalam diagram pT tentang siklus *delay period*, antara lain:

Titik 1 bahan bakar diinjeksikan, tapi pengapian tidak dimulai sampai titik 2. Sudut *a* menggambarkan *delay period* disebut juga *ignition lag*. Selama mesin *delay period* tergantung banyak faktor, yang akan dijelaskan nanti. Dari titik 2-3, sama dengan sudut engkol *b*, penyalaan bunga api menyebar dari awal bagian utama beban bahan bakar. Kondisi ini sama dengan penyalaan busi, kecepatan nyala api dan kenaikan tekanan bergantung pada turbulensi. Proses kedua sangat penting selama mesin bekerja halus. Selama tingkatan ketiga, sudut engkol *c*, dari titik 3-4, bahan bakar dibakar meninggalkan penyemprotan bahan bakar, tekananpun tidak meningkat, konstan atau berkurang, tergantung kecepatan tersebut masuk ke ruang pembakaran. Sudut *c* berfungsi pembebanan mempengaruhi mesin. Tingkatan keempat, setelah pembakaran, tidak jelas terlihat dalam diagram.

Menurut Maleev (1945:207) faktor-faktor yang mempengaruhi lamanya

delay period yaitu:

- a) Perubahan temperatur udara
- b) Perubahan tekanan
- c) Penyemprotan bahan bakar

- d) Waktu pengapian
- e) Kecepatan mesin
- f) Kualitas bahan bakar

3. Bahan Bakar Bensin

Bensin mengandung hidro karbon hasil sulingan dari produksi minyak mentah. Bensin mengandung gas yang mudah terbakar, umumnya bahan bakar ini di pergunakan untuk mesin dengan pengapian busi. Sifat yang di miliki bensin antara lain: (1) Mudah menguap pada temperatur normal, (2) Tidak berwarna, tembus pandang dan berbau, (3) Titik nyala rendah (-10° sampai -15°C), (4) Berat jenis rendah (0,60 s/d 0,78), (5) Dapat melarutkan oli dan karet, (6) Menghasilkan jumlah panas yang besar (9,500 s/d 10,500 kcal/kg), dan (7) Setelah di bakar sedikit meninggalkan karbon (Suprpto, 2004:19).

Bensin yang ada dipasaran di kenal ada tiga kelompok: (1) *Regular-grade*, (2) *Premium-grade* (3) *Third-grade Gasoline*. Adapun di Indonesia pertamina mengelompokkannya menjadi: bensin, pertamax, aviaton gas dan super 98 (Suprpto, 2004: 14).

Premium adalah bahan bakar bermutu tinggi yang mempunyai sifat mudah terbakar . Ada beberapa jenis bahan bakar bensin, yaitu: premium, pertamax dan pertamax plus. Masing-masing jenis bahan bakar ini memiliki angka oktan yang berbeda-beda.

Premium merupakan bahan bakar jenis bensin produk Pertamina yang berwarna kuning dan bernilai oktan 88. Bensin premium biasanya digunakan pada mesin motor dengan perbandingan kompresi 7:1 sampai dengan 9:1, namun tidak baik jika digunakan pada motor bensin dengan kompresi tinggi karena dapat

menyebabkan detonasi. Detonasi disebabkan oleh angka oktan yang rendah dan jika dipakai terus menerus dapat menyebabkan kerusakan pada komponen sepeda motor. Menurut peraturan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (Ditjen Migas) No.3674.K/24/DJM/2006, tanggal 17 Maret 2006 tentang spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin 88 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Batasan sifat bahan bakar bensin jenis 88 menurut Ditjen Migas.

<i>Karakteristik</i>	<i>Batasan</i>		<i>Satuan</i>
	<i>Min</i>	<i>Max</i>	
RON	88	-	RON
MON	80	-	MON
Nilai kalor	43031	-	kJ/kg
Destilasi			
10% vol.penguapan	-	74	°C
50% vol.penguapan	88	125	°C
90% vol.penguapan	130	180	°C
Titik didih akhir	-	215	°C
Berat jenis pada suhu 15° C	715	780	kg/m ³

4. Komponen Utama Minyak Cengkeh

Komponen utamanya adalah senyawa aromatik yang disebut *eugenol* sekitar 80-85% dan *karyofilen* sekitar 10-15% (Sastrohamidjojo, 2004:21). Ia dapat dikelompokkan dalam keluarga *alilbenzena* dari senyawa-senyawa *fenol*. Eugenol berupa zat cair berbentuk cairan jernih tak berwarna yang akan berubah secara lambat menjadi kekuningan bila terkena udara (Sastrohamidjojo, 2004:120). Eugenol dapat larut dalam alkohol; eter, kloroform serta sedikit dalam air serta mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$ bobot molekulnya adalah 164,20 dan titik didih 250-255°C (Bulan, 2004:2). *Eugenol* berperan untuk memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar. Serta temuan (Choi dalam Kadarohman, 2009:140) mengemukakan bahwa atom oksigen di dalam bahan bakar akan berperan untuk mengoksidasi jelaga dan gas karbon monoksida (CO) sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

Tabel 2.2. Standar mutu minyak daun cengkeh menurut SNI 1991

Minyak Daun Cengkeh	Karakteristik
Berat Jenis pada 15 ⁰ C	1,03-1,06
Putaran Optik (ad)	-1 ⁰ 35
Indeks Refraksi pd 20 ⁰ C (nd20)	1,52-1,54
Kadar Eugenol (%)	78-93%
Minyak Pelikan	Negatif
Minyak Lemak	Negatif
Kelarutan dalam Alkohol 70%	Larut dalam dua volume

Sumber : <http://agribisnis.deptan.go.id>

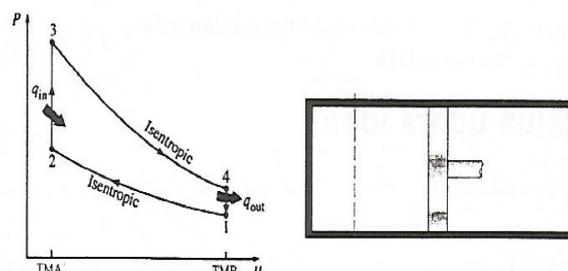
5. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik (Raharjo dan Karnowo, 2008:93).

Motor bakar pada umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu motor bensin dan motor diesel. Motor bensin juga terbagi dua yaitu motor bensin 4-langkah dan motor bensin 2-langkah.

1. Motor Bensin 4-Langkah

Motor bakar bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat langkah piston. Untuk lebih jelasnya proses-proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.2 Diagram pV untuk siklus ideal otto

Sumber: Mesin Konversi Energi (Raharjo dan Karnowo, 2008:82)

Gambar 2.1 adalah diagram $p-v$ untuk siklus ideal otto. Adapun urutan prosesnya sebagai berikut:

a. Proses 0-1: Langkah hisap (*Intake*).

Pada langkah hisap campuran udara-bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan bergerakinya piston ke bawah, dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedang katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.

b. 1. Proses 1-2: Langkah kompresi (*Compression*).

Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

b. 2. Proses 2-3: Langkah pembakaran volume konstan.

Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara-bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup pada posisi tertutup.

Panas q_{in} ditambahkan ke sistem sepanjang garis 2-3. Proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

c. Proses 3-4: Langkah kerja/ekspansi (*Expansion*).

Kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi selanjutnya mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Dengan bergerak piston menuju TMB, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah, akibatnya temperatur dan tekanannya turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

d. 1. Proses 4-1: Langkah buang volume konstan (*Exhaust*).

Saat piston telah mencapai TMB, katup buang telah terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Langkah ini dianggap sebagai langkah pelepasan kalor gas pembakaran yang terjadi pada volume konstan atau pada praktiknya, gas q_{out} meninggalkan mesin sebagai buangan dan tidak memasuki mesin kembali. Tetapi karena setaranya jumlah bensin dan udara yang masuk, kita dapat meninjau proses sebagai siklus.

d. 2. Proses 1-0: Langkah buang tekanan konstan.

Selanjutnya piston bergerak kembali dari TMB menuju TMA. Gas pembakaran didesak keluar melalui katup buang (saluran buang) dikarenakan bergerak piston menuju TMA. Langkah ini dianggap sebagai langkah pembuangan gas pembakaran pada tekanan konstan.

Selama langkah hisap tekanan di dalam silinder lebih rendah dari tekanan atmosfer. Pada akhir langkah hisap tekanan naik kembali, karena sifat kelembaban

udara yang masuk ke dalam silinder. Selama langkah kompresi tekanan dan temperatur campuran bensin dengan udara semakin naik. Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA, campuran bahan bakar dan udara dinyalakan, membuat tekanan dan temperatur naik, dan selanjutnya terjadi pengembangan gas (ekspansi), di mana gas bertekanan tinggi mendorong piston dan tekanannya semakin turun.

Beberapa saat sebelum TMB, katup buang dibuka sehingga tekanan semakin turun. Pada saat piston berada di TMB, tekanan gas masih lebih tinggi dari tekanan atmosfer, tetapi gas ini akhirnya di dorong keluar oleh piston pada tekanan sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Pada saat piston mencapai TMA terjadi peristiwa katup isap dan katup buang terbuka bersamaan, proses ini disebut *overlap katup*.

6. Campuran Minyak Cengkeh dengan Premium

Premium merupakan salah satu produk unggulan Pertamina yang diproduksi untuk kendaraan dengan perbandingan kompresi 7:1-9:1. Minyak atsiri merupakan suatu bahan alam yang tersusun dari komponen-komponen yang bersifat mudah menguap, berat jenisnya rendah dan dapat melarutkan bahan organik (Sastrohamidjojo, 2004:3). Disamping itu, komponen oksigen yang terkandung dalam struktur kimia minyak atsiri diharapkan dapat menyempurnakan sistem pembakaran sehingga performa mesin lebih bagus dan konsumsi bahan bakar lebih sedikit.

Minyak cengkeh dan premium jika dicampur dapat menaikkan angka oktan. Hal itu juga selaras dengan Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALLITRO) sebagai lembaga yang mengemban mandat untuk penelitian

tanaman atsiri. BALLITRO telah memperoleh formula bio aditif untuk bensin dan formula bio aditif untuk solar. Hasil pengujian formula aditif bensin menunjukkan kenaikan angka oktana sebesar 0,4 dengan spesifikasi fisika kimia bensin setelah dicampur aditif dapat memenuhi spesifikasi mutu menurut Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi.

7. Parameter dalam Performa Mesin

Parameter dalam performa mesin memiliki fungsi untuk mengetahui torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar spesifik. Berikut ini beberapa parameter yang digunakan:

a. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya (Raharjo dan Karnowo, 2008:98).

b. Daya

Daya adalah besarnya kerja motor persatuan waktu. (Arends dan Berenschot, 1980:18). Satuan daya yaitu hp (*horse power*). Torsi pada sepeda motor dapat diukur dengan menggunakan alat dynamometer, untuk perhitungannya $1 \text{ KW} = 1,36 \text{ HP}$.

c. Konsumsi bahan bakar

Menurut Muku dan Sukadana (2009:29) konsumsi bahan bakar adalah jumlah bahan bakar yang dipergunakan dalam satuan waktu tertentu untuk menghasilkan tenaga mekanis, laju pemakaian bahan bakar tiap detik dapat ditentukan dengan rumus:

$$mf = Mb/t \text{ [kg/detik]} \dots\dots\dots (3)$$

Sedangkan untuk massa bahan bakar dihitung dengan rumus:

$$Mb = Vb \cdot \rho_b / 1000 \text{ [kg]} \dots\dots\dots (4)$$

Untuk bensin, dimana V_b adalah volume bahan bakar dalam ml dan (ρ_b) adalah massa jenis bahan bakar bensin 0,986 [kg/l].

8. Parameter dalam Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin. Beberapa gas yang terkandung dalam emisi gas buang adalah HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksida), NO (nitrogen oksida), dan Pb (timah hitam). Masing-masing gas tersebut mempunyai bahaya masing-masing pada kadar tertentu. Parameter dalam emisi memiliki fungsi untuk mengetahui kadar gas-gas yang terkandung pada proses pembuangan sisa-sisa pembakaran. Berikut ini parameter yang digunakan dalam menentukan emisi gas buang:

1) Hidrokarbon (HC)

HC merupakan gas yang terdiri dari ikatan hidrogen dan karbon. Adanya HC dalam gas buang karena ada sebagian bahan bakar yang tidak terbakar karena pembakaran yang tidak sempurna. Gas sisa yang meninggalkan ruang pembakaran pada mesin SI mengandung lebih dari 6000 ppm komponen hidrokarbon, setara dengan 1-1,5% dari bahan bakar (Pulkrabek, 1997:278).

2) Karbon Monoksida (CO)

Pembentukan karbon monoksida di ruang bakar disebabkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu besar atau kecilnya jumlah karbon monoksida yang dihasilkan oleh setiap kendaraan tersebut sangat

tergantung pada tingkat kesempurnaan proses pembakaran. Sebagai salah satu contoh, dapat dijelaskan proses terjadinya pembakaran bahan bakar bensin (C_8H_{18}) pada ruang mesin otto.

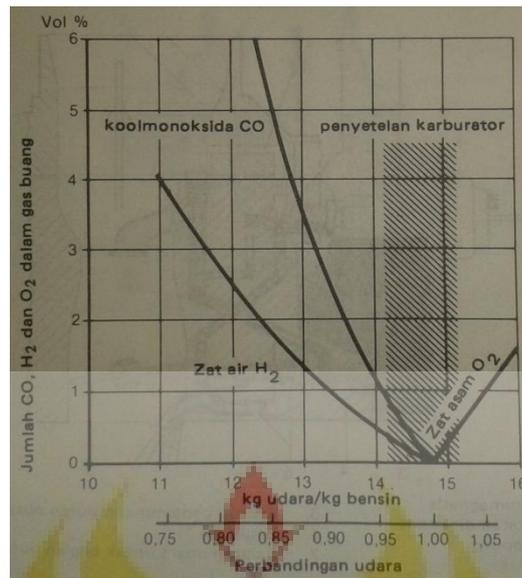
Proses pembakaran dapat terjadi sempurna jika kebutuhan oksigen / udara untuk membakar bahan bakar bensin tersebut dijaga pada rasio yang memadai. Oleh karena itu agar proses pembakaran tersebut terjadi secara sempurna, harus memenuhi reaksi kimia tersebut:



Artinya:

Untuk membakar 1 molekul senyawa C_8H_{18} membutuhkan 12,5 molekul O_2 dan menghasilkan 8 molekul CO_2 dan 9 molekul H_2O .

Menurut (Arends dan Berenschot, 1980:73), banyaknya CO dari gas buang itu tergantung dari perbandingan bahan bakar dan udara, hanya pada pembakaran yang sempurna dari bahan bakarnya maka nilai CO nya dapat nihil. Hal ini dapat dicapai pada perbandingan secara teoretis 14,8 : 1. Campuran yang semakin kurus menghasilkan konsentrasi CO yang semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, campuran yang semakin gemuk menghasilkan CO yang semakin tinggi. Perbandingan sebesar ini selama motor berjalan jarang dapat dipertahankan, karena kualitas campuran selalu berubah dengan frekuensi putar dan pembebanan motor.



Gambar 2.3 Hubungan antara perbandingan udara-bahan bakar dan konsentrasi CO didalam gas buang.

Sumber: Motor Bensin (Arends dan Berenschot, 1980:73)

3) Nitrogen Oksida (NO_x)

NO merupakan gas yang tidak berwarna dan berbau. Gas sisa dari mesin dapat mengandung nitrogen oksida lebih dari 2000 ppm (Pulkrabek, 1997:285).

4) Karbon dioksida (CO_2)

Karbon dioksida (CO_2) merupakan hasil pembakaran antara bahan bakar dengan udara di ruang bakar. Karbon dioksida selalu terbentuk disepanjang proses pembakaran berlangsung.

5) Sulfur Oksida (SO_x) dan Senyawa Timah Hitam

Besarnya zat pencemar sulfur oksida (SO_x) dan senyawa timah hitam sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar yang mengandung sulfur potensial sebagai sumber penyebab terjadinya sulfur oksida (SO_x).

9. AFR (*Air Fuel Ratio*)

Menurut (Syahrani, 2006:263) *Air Fuel Ratio* adalah perbandingan udara dan bahan bakar (bensin) yang masuk ke dalam ruang bakar mesin. Teori stoikiometri menyatakan AFR yang ideal adalah 14,7:1, artinya untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Kenyataannya di lapangan, AFR yang terbentuk tidak selalu secara teoritis, karena mesin bekerja pada kondisi yang tidak konstan tergantung beban yang dibawa oleh mesin.

Untuk menghitung seberapa besar penyimpangan jumlah udara dalam campuran dibandingkan dengan kebutuhan secara teori dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *Lambda*.

Secara sederhana, dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{jumlah udara sesuai teori stoikiometri}}$$

Jika udara sesungguhnya 14,7, maka:

$$\begin{aligned}\lambda &= 14,7/14,7 \\ &= 14,7/14,7 = 1,0\end{aligned}$$

Artinya:

$\lambda = 1$, berarti campuran ideal, karena yang terjadi pada kondisi nyata tersebut sesuai dengan teori stoikiometri.

$\lambda > 1$, berarti campuran kurus, udara yang dimasukkan lebih banyak dari kebutuhan teori.

$\lambda < 1$, berarti campuran gemuk, udara yang dimasukkan kurang dari kebutuhan teori.

10. Perhitungan Rumus-rumus Pembakaran Kimia Minyak Cengkeh ($C_{10}H_{12}O_2$) dan Premium (C_8H_{18}).

a. Pembakaran Sempurna dengan Oksigen Senyawa $C_{10}H_{12}O_2$.

Setiap proses pembakaran membutuhkan oksigen. Jumlah oksigen yang dibutuhkan disesuaikan dengan kebutuhan senyawa yang dibakar dan menghasilkan hasil pembakaran yang setara dengan jumlah senyawa sebelum proses pembakaran, atau tidak menyisakan sisa pembakaran. Proses ini secara teori disebut proses pembakaran yang sempurna.

Rumus pembakaran sempurna $C_{10}H_{12}O_2$ dengan oksigen adalah sebagai berikut:



Rumus pembakaran di atas belum bisa dikatakan setimbang, karena jumlah unsur C, H, dan O pada sisi kiri (sebelum proses pembakaran) tidak sesuai dengan jumlah unsur C, H, dan O pada sisi kanan (setelah proses pembakaran). Maka untuk menemukan persamaan reaksi yang setimbang dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:



untuk pembakaran sempurna 1 molekul senyawa $C_{10}H_{12}O_2$ dibutuhkan a mol unsur O_2 dan menghasilkan b molekul unsur CO_2 dan c molekul unsur H_2O .

Untuk menentukan besarnya a , b , dan c maka digunakan cara sebagai berikut:

UNSUR	SISI KIRI	SISI KANAN
C	10	1 b
H	12	2 c

$$\text{O} \quad 2 + 2a \quad 2b + c$$

$$\text{Maka: } 10 = b$$

$$12 = 2c \rightarrow c = 12/2 = 6$$

$$2 + 2a = 2b + c$$

$$2 + 2a = 2(10) + 6 = 26$$

$$2a = 26 - 2 = 24$$

$$a = 24/2 = 12$$

Setelah menemukan besaran nilai a , b , dan c , maka selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus pembakaran $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ sehingga menjadi:



untuk membakar 1 molekul senyawa $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ membutuhkan 12 molekul O_2 dan menghasilkan 10 molekul CO_2 dan 6 molekul H_2O .

b. Pembakaran Sempurna dengan Oksigen Senyawa C_8H_{18}

Serupa dengan perhitungan di atas, maka rumus pembakaran sempurna C_8H_{18} dengan oksigen adalah sebagai berikut:



UNSUR	SISI KIRI	SISI KANAN
-------	-----------	------------

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

H	18	$2c$
---	----	------

O	$2a$	$2b + c$
---	------	----------

$$\text{Maka: } 8 = b$$

$$18 = 2c \rightarrow c = 18/2 = 9$$

$$2a = 2b + c$$

$$2a = 2(8) + 9 = 25$$

$$a = 25/2 = 12,5$$

sehingga rumus pembakaran sempurna yang terjadi untuk senyawa C_8H_{18} adalah



untuk membakar 1 molekul senyawa C_8H_{18} membutuhkan 12,5 molekul O_2 dan menghasilkan 8 molekul CO_2 dan 9 molekul H_2O .

Dengan membandingkan rumus-rumus pembakaran sempurna dengan oksigen antara



kesimpulannya bahwa oksigen yang dibutuhkan untuk membakar senyawa minyak cengkeh lebih sedikit dibandingkan oksigen yang dibutuhkan untuk membakar bensin. Ini membuktikan bahwa bahan bakar minyak cengkeh dapat berfungsi sebagai zat penyedia oksigen sehingga pembakaran lebih sempurna. Akan tetapi gas hasil pembakaran minyak cengkeh lebih banyak dibandingkan hasil pembakaran bensin.

c. Perhitungan Pembakaran antara Bahan Bakar dengan Udara di dalam Mesin Otto.

Pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam mesin otto tidak lagi dengan oksigen murni tetapi dengan bantuan udara. Udara di bumi mengandung berbagai unsur penyusun di dalamnya. Diantaranya 78% per satuan volume gas Nitrogen (N_2), 21% per satuan volume gas Oksigen (O_2), dan 1% per satuan volume untuk berbagai gas dengan persentase yang sangat kecil.

Dengan asumsi bahwa udara yang masuk ke dalam ruang bakar bersama bahan bakar terdiri dari 78% N₂ dan 21% O₂. Untuk 1% yang terdiri dari berbagai gas tidak ikut ke dalam perhitungan karena persentase setiap gas yang sangat kecil.

Rumus pembakaran minyak cengkeh dengan udara yang terjadi adalah



Kondisi motor bakar sangat bervariasi namun jika pembakaran terjadi secara sempurna, maka akan menghasilkan reaksi seperti rumus di atas.

Rumus pembakaran bensin dengan udara yang terjadi adalah



untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, maka dibutuhkan komposisi udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Perbandingan udara dan bahan bakar selanjutnya disebut dengan AFR (*Air Fuel Ratio*).

$$\text{AFR} = \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} \quad (\text{Pulkrabek, 1997:56})$$

Sebelum melakukan perhitungan AFR, kita harus mengetahui masing-masing Ar dari setiap unsur yang terkandung dalam bahan bakar dan udara. Nilai masing-masing Ar adalah H=1, C=12, N=14, dan O=16.

Pembakaran minyak cengkeh dengan oksigen:

$$\text{AFR}_{\text{stoi}} = \frac{\text{Massa Oksigen}}{\text{Massa m.cengkeh}} = \frac{12 \times (2xAr O)}{1 \times (10xAr C + 12xAr H + 2xAr O)} = \frac{12 \times 32}{1 \times 164} = 2,34$$

Pembakaran minyak cengkeh dengan udara:

$$\begin{aligned} \text{AFR}_{\text{stoi}} &= \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa etanol}} = \frac{12 \times (2xAr O + 3,71x(2xAr N))}{1 \times (10xAr C + 12xAr H + 2xAr O)} \\ &= \frac{12 \times (32 + 51,95)}{1 \times 164} = \frac{1007,4}{164} = 6,14 \end{aligned}$$

Pembakaran bensin dengan oksigen:

$$\text{AFR}_{\text{stoi}} = \frac{\text{Massa Oksigen}}{\text{Massa bensin}} = \frac{12,5 \times (2 \times \text{Ar O})}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} = \frac{12,5 \times 32}{96 + 18} = 3,51$$

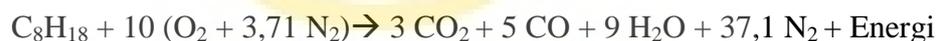
Hasil perhitungan AFR di atas didapatkan dari massa oksigen dibagi dengan massa bensin murni atau tanpa memperhitungkan unsur zat penambah pada bensin.

Pembakaran bensin dengan udara:

$$\begin{aligned} \text{AFR}_{\text{stoi}} &= \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} = \frac{12,5 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{12,5 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{1698,5}{114} = 14,90 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan AFR di atas didapatkan dari massa udara dibagi dengan massa bensin murni atau tanpa memperhitungkan unsur zat penambah pada bensin.

Jika campuran udara dan bahan bakar yang terjadi terlalu gemuk, dengan kata lain udara yang bercampur dengan bahan bakar terlalu sedikit dari standar AFR yang ideal, maka contoh pembakaran yang terjadi adalah sebagai berikut;

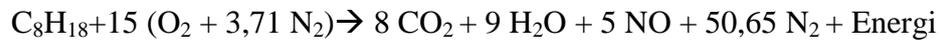


Sisa pembakaran menghasilkan gas CO, salah satu yang berbahaya bagi kesehatan, karena kurangnya O₂ untuk bereaksi dengan unsur C yang seharusnya berubah menjadi CO₂ setelah pembakaran.

Perhitungan AFR untuk pembakaran di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} &= \frac{10 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{10 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{1358}{114} = 11,91 \end{aligned}$$

Jika campuran udara dan bahan bakar yang terjadi terlalu kurus, dengan kata lain udara yang bercampur dengan bahan bakar terlalu banyak dari standar AFR yang ideal, maka contoh pembakaran yang terjadi adalah sebagai berikut;



Terdapat sisa gas NO pada hasil pembakaran. Campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kurus dapat menyebabkan mesin cepat panas.

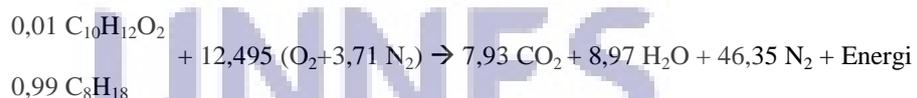
Perhitungan AFR untuk pembakaran di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bensin}} &= \frac{15 \times (2 \times \text{Ar O} + 3,71 \times (2 \times \text{Ar N}))}{1 \times (8 \times \text{Ar C} + 18 \times \text{Ar H})} \\ &= \frac{15 \times (32 + 103,8)}{114} = \frac{2037}{114} = 17,8 \end{aligned}$$

11. Rumus Reaksi Pembakaran dan Perhitungan AFR untuk Variasi Bahan Bakar 1%, 2%, 3% dan 4%.

Kita perlu mengetahui massa udara, massa bahan bakar sebelum melakukan perhitungan. Massa udara adalah 135,88, massa minyak cengkeh adalah 164, dan massa bensin adalah 114.

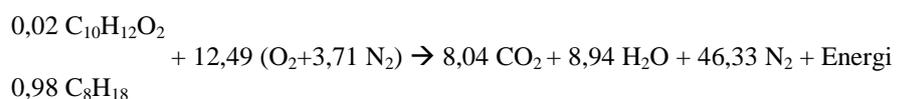
- Rumus Reaksi Pembakaran 1%



- AFR Bahan Bakar 1%

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{12,495 \times (32 + 103,8)}{(0,01 \times 164) + (0,99 \times 114)} = 14,82$$

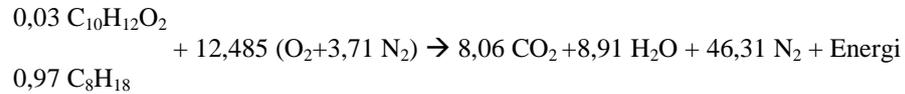
- Rumus Reaksi Pembakaran 2%



- AFR Bahan Bakar 2%

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{12,49 \times (32+103,8)}{(0,02 \times 164) + (0,98 \times 114)} = 14,74$$

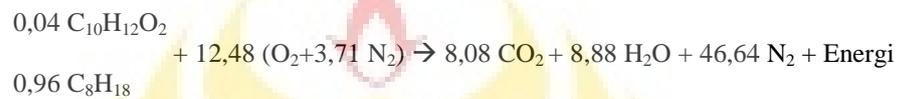
- Rumus Reaksi Pembakaran 3%



- AFR Bahan Bakar 3%

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{12,485 \times (32+103,8)}{(0,03 \times 164) + (0,97 \times 114)} = 14,67$$

- Rumus Reaksi Pembakaran 4%



- AFR Bahan Bakar 4%

$$\frac{\text{Massa Udara}}{\text{Massa bahan bakar}} = \frac{12,48 \times (32+103,8)}{(0,04 \times 164) + (0,96 \times 114)} = 14,61$$

12. Chassis dynamometer

Chassis dynamometer atau *dynotest* adalah sebuah alat yang mampu mengukur nilai torsi, daya dan putaran mesin keluaran dari sebuah mesin sepeda motor. Informasinya diolah dari putaran mesin yang dilanjutkan pada proses transfer data putaran yang kemudian dikonversi pada nilai angka daya dan torsi yang hasilnya dapat dilihat pada sebuah layar monitor yang terhubung pada alat *dynamometer*.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

1. Minyak Atsiri Sebagai Bio Aditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak (BBM) (Ma'mun, dkk, 2010).

Bahan aditif yang dimaksud dibuat dari beberapa jenis minyak atsiri. Formulasi aditif berbahan baku minyak atsiri tersebut merupakan campuran beberapa minyak dengan komposisi tertentu yang didasarkan pada sifat-sifat kimiawi dari komponen-komponen dalam minyak atsiri yang digunakan. Pengujian yang dilakukan meliputi karakter-karakter berat jenis, titik didih, titik nyala, viscositas, komposisi kimia, kadar sulfur, konsumsi bahan bakar, uji jalan dan emisi gas buang. Hasil uji parameter-parameter yang dilakukan menunjukkan tingkat efisiensi atau penurunan konsumsi BBM mencapai 20 persen.

2. Peningkatan Kadar Geraniol dalam Minyak Sereh Wangi dan Aplikasinya Sebagai *Bio Additive Gasoline* (Astuti dan Putra, 2014)

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan terhadap Penambahan minyak sereh wangi pada *gasoline* dengan perbandingan 1000:2 dapat meningkatkan power mesin hingga 0,8 HP lebih tinggi dibandingkan jika tanpa penambahan minyak sereh wangi. Penambahan minyak sereh wangi pada *gasoline* dengan perbandingan 1000:2 dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar sebesar 10,8 %.

3. Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditi Bahan Bakar Solar (Kadarohman, 2009).

Minyak atsiri merupakan produk bahan alam dari keragaman hayati Indonesia yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bioaditif bahan bakar solar. Minyak cengkeh, minyak terpentin, minyak pala, minyak gandapura,

minyak sereh dan minyak kayu putih adalah minyak atsiri yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai bioaditif bahan bakar solar karena dari tinjauan terhadap struktur senyawa penyusunnya, material ini memiliki rantai siklik dan ketersediaan oksigen yang cukup besar. Temuan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai minyak atsiri yang paling berpotensi untuk dijadikan sebagai bioaditif bahan bakar solar, yang selanjutnya dapat dilakukan kajian lebih lanjut tentang potensi minyak atsiri tersebut. Secara umum, penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama karakterisasi minyak solar dan bioaditif menggunakan GCMS dan FTIR, tahap kedua karakterisasi fisik solar-bioaditif pada berbagai komposisi, dan tahap ketiga penentuan laju konsumsi pada mesin satu silinder skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak cengkeh memiliki kemampuan paling tinggi dalam menurunkan tingkat laju konsumsi bahan bakar solar.

C. Kerangka Pikir Penelitian

Performa mesin sepeda motor banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu diantaranya dengan mencampurkan zat aditif dan premium dengan harapan agar pembakaran menjadi lebih sempurna. Zat aditif tersebut salah satunya adalah dengan menggunakan minyak cengkeh. Sepeda motor pada umumnya memiliki tekanan kompresi yang standar 9,0:1. Bila premium dicampurkan dengan minyak atsiri, maka akan didapatkan nilai oktan tinggi pada campuran tersebut, sehingga didapatkan efisiensi pembakaran yang lebih tinggi serta dapat meningkatkan performa mesin.

Bahan bakar yang baik adalah yang dapat mencegah terjadinya proses *knocking*. Semakin tinggi kandungan oktan suatu bahan bakar, semakin baik dalam mencegah *knocking* karena oktan yang tinggi dapat memperlambat pembakaran sehingga tidak terjadi *self ignition*. Kualitas bahan bakar mempengaruhi kesempurnaan pembakaran yang menghasilkan emisi yang baik. Banyak permasalahan muncul yang disebabkan oleh kandungan emisi gas buang yang buruk dari kendaraan bermotor seperti permasalahan lingkungan seperti pemanasan global, dan permasalahan kesehatan seperti sesak nafas, pusing, kanker paru-paru bahkan kematian. Hal tersebut dikarenakan kandungan emisi mengandung unsur-unsur yang berbahaya. Selain permasalahan di atas, cadangan minyak bumi sekarang juga sudah mulai menipis.

Pencampuran bahan bakar antara premium dan minyak cengkeh dengan komposisi tertentu mampu menciptakan pembakaran yang lebih sempurna. Karena minyak cengkeh bersifat sebagai penyedia oksigen.

Minyak cengkeh dikenal mempunyai kandungan *eugenol* yang tinggi. *Eugenol* berperan untuk memperkaya kandungan oksigen dalam bahan bakar. Karena dapat memperkaya kandungan oksigen diharapkan dapat meningkatkan nilai oktan sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna, Minyak cengkeh mempunyai rumus kimia $C_{10}H_{12}O_2$, sedangkan premium mempunyai rumus kimia C_8H_{18} . Dengan kata lain minyak cengkeh mempunyai 10 atom C, 12 atom H, dan 2 atom O, sedangkan premium mempunyai 8 atom C, dan 18 atom H, artinya minyak cengkeh mempunyai unsur oksigen sedangkan tidak untuk premium sehingga kandungan minyak cengkeh dapat membantu proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Pembakaran yang lebih sempurna akan lebih memungkinkan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan.

D. Hipotesis

Uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa campuran premium dan minyak cengkeh dapat meningkatkan performa mesin yang tinggi, menyempurnakan pembakaran serta menurunkan emisi gas buang. Sehingga hipotesis awal antara lain :

1. Ada pengaruh penambahan minyak cengkeh dengan premium terhadap daya dan torsi pada sepeda motor.
2. Ada pengaruh penambahan minyak cengkeh dengan premium terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor.
3. Ada pengaruh penambahan minyak cengkeh dengan premium terhadap emisi gas buang pada sepeda motor.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pencampuran premium dengan minyak cengkeh dapat meningkatkan daya sebesar 2,08% dan torsi sebesar 2,56% pada campuran 2%.
2. Pencampuran premium dengan minyak cengkeh dapat mengurangi kadar emisi gas buang yaitu CO sebesar 15,31% dan HC sebesar 50,01% pada campuran 3%
3. Pencampuran premium dengan minyak cengkeh dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 11,63% pada campuran 4%.

B. Saran Pemanfaatan Hasil Penelitian

1. Sepeda motor jika ingin memperoleh performa mesin maksimal disarankan menggunakan bahan bakar campuran premium dan minyak cengkeh sebanyak 2%.
2. Sepeda motor jika ingin mengurangi kadar emisi gas buang disarankan menggunakan bahan bakar campuran premium dan minyak cengkeh sebanyak 3%.
3. Sepeda motor jika ingin menurunkan konsumsi bahan bakar disarankan menggunakan bahan bakar campuran premium dan minyak cengkeh sebanyak 4%.

4. Karena minyak cengkeh bersifat korosif perlu dilakukan pengecekan terhadap komponen-komponen mesin secara rutin.
5. Karena teknologi semakin maju maka perlu diadakan penelitian bahan bakar campuran premium dengan minyak cengkeh pada sepeda motor injeksi.
6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh lamanya rendaman pencampuran antara premium dengan minyak cengkeh terhadap performa mesin, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar.
7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pencampuran premium dengan minyak cengkeh terhadap performa mesin, emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar dengan variasi tekanan kompresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, W dan Nur Nalindra Putra. 2014. Peningkatan Kadar Geraniol Dalam Minyak Sereh Wangi dan Aplikasinya Sebagai *Bio Additive Gasoline*. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. Vol 3. Edisi 1.
- Arends, BPM dan H. Berenschot. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALLITRO). n.d. Atsiri, Prospektif Penghemat BBM Nasional. <http://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/?p=5060>. Diakses pada tanggal 18 september 2015 pukul 06.22 WIB.
- Bulan, R. 2004. Reaksi asetilasi eugenol dan oksidasi metil iso eugenol. <http://library.usu.ac.id/download/fmipa/kimia-rumondang.pdf>. Diakses pada tanggal 20 September 2015 pukul 17.00 WIB.
- Heywood, John. B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Book Company, INC.
- Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi. Nomor : 3674K/24/DJM/2006 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin yang Dipasarkan di Dalam Negeri.*
- Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 Tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.*
- Kadarohman, Asep. 2009. Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. *Jurnal Pengajaran MIPA*. 14/2.
- Maleev, V.L.1945. *Internal Combustion Engine. Second Edition*. McGraw-Hill Book Company, INC.
- Ma'mun, Sriyadi, S. Suhirman, H. Mulyana, D. Suyatno dan D. Kustiwa. 2010. *Minyak Atsiri sebagai Bio Aditif untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak (BBM)*. Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2010 Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Muku, I Dewa Made Krishna dan I Gusti Ketut Sukadana. 2009. Pengaruh Rasio Kompresi terhadap Unjuk Kerja Mesin Empat Langkah Menggunakan Arak Bali sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*. 3/1:26-32.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama.*
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional.*
- Pulkrabek, Willard W. 1997. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. New Jersey: Prentice Hall
- Putra, Nurliansyah, Husin Bugis dan Ranto. 2014. Pengaruh Jenis Bahan Bakar Bensin dan Variasi Rasio Kompresi pada Sepeda Motor Suzuki Shogun FL 125 SP Tahun 2007. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Mesin Nosel*. 2/3 : 1-11.
- Raharjo, W. D. dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press
- Sastrohamidjojo, H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Setiyawan, Atok. 2007. Pengaruh *Ignition Timing* dan *Compression Ratio* terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% dan Premium 15% (E-85). *Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007)*. ISSN 1978-9777.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suprpto. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*. Semarang. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Suyanto, Wardan. 1989. *Teori Motor Bakar Bensin*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Syahrani, A. 2006. Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi. *Jurnal SMARTek*, Volume 4. Nomor 4: 260-266.
- Wahid, La Ode M. A. 2006. *Pemanfaatan Bio-Ethanol sebagai Bahan Bakar Kendaraan Berbahan Bakar Premium*.
- Team Toyota Astra Motor. 2003. *Training Manual New Step 2: Emission Gas Control*. Jakarta: PT Toyota Astra Motor.