PENGARUH PROSENTASE MINYAK CENGKEH PADA PREMIUM , PERTAMAX, DAN CAMPURAN PREMIUM DENGAN PERTAMAX TERHADAP EMISI GAS BEKAS DAN PERFORMA MOTOR 4 LANGKAH 1 SILINDER

SKRIPSI

Disajikan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

oleh

Dista Arfian Nur Handika

5201410048

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi atau tugas akhir ini benar – benar merupakan hasil karya sendiri. Bukan merupakan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, April 2016

Dista Arfian Nur Handika
NIM. 5201410048

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ii

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Dista Arfian Nur Handika

NIM : 5201410048

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Judul : Pengaruh Prosentase minyak cengkeh pada premium, pertamax, dan campuran premium dengan pertamax terhadap emisi gas bekas dan perfomta motor 4 langkah 1 silinder.

Telah dipertahankan di depan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian,

Ketua : Rusiyanto S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Sekretaris : Rusiyanto S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Dewan penguji,

Pembimbing : Dr. Abdurrahman M.Pd. (.....)
NIP. 19600903 198503 1 002

Penguji Utama I : Drs. Winarno Dwi Rahardjo M.Pd. (.....)
NIP. 19521002 198103 1 001

Penguji Utama II : Drs. Supraptono M.Pd. (.....)
NIP. 19550809 198203 1 002

Penguji Pendamping : Dr. Abdurrahman M.Pd. (.....)
NIP. 19600903 198503 1 002

Ditetapkan di semarang
Tanggal

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Nur Qudus M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah, Tuhan semesta alam,berkat rahmat dan karunia-Nya skripsi dengan judul "pengaruh prosentase minyak cengkeh pada premium , pertamax dan campuran premium dengan pertamax terhadap emisi gas bekas dan performa motor 4 langkah 1 silinder" dapat terselesaikan dengan baik, dan insyaallah memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin.

Atas bantuan dari banyak pihak yang terlibat, skripsi ini berjalan sesuai dengan yang terpikirkan sebelumnya, untuk itu ucapan banyak terima kasih disampaikan untuk:

1. Dr. Abdurrahman M.Pd. selaku dosen pembimbing, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing selama ini.
2. Drs. Supraptono, M.Pd. dan Drs. Winarno Dwi Rahardjo M.Pd selaku penguji untuk skripsi ini.
3. Prof. Dr. Fathur Rokhman M.Hum selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Nur Qudus M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik.
5. Rusiyanto S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
6. Seluruh dosen dan karyawan di Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh pihak yang telah membantu untuk terselesaikannya skripsi ini tanpa bisa disebutkan satu persatu.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kehidupan, baik di masa sekarang maupun masa yang akan datang.

Semarang, April 2016

Penulis

ABSTRAK

Dista Arfian Nur Handika. 2016 Pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax, dan Campuran Premium dengan Pertamax terhadap Emisi Gas Bekas dan Performa Motor 4 Langkah 1 Silinder. Abdurahman

Meningkatnya pertumbuhan di bidang transportasi mengakibatkan meningkat pula kebutuhan akan bahan bakar minyak. Sedangkan ketersediaan bahan bakar minyak semakin berkurang dan juga tidak dapat diperbaharui. Disisi pencemaran lingkungan dengan bertambahnya kendaran bermotor polusi yang dihasilkan semakin bertambah.Semakin menipisnya cadangan minyak bumi saat ini dan diperkirakan habis 15-20 tahun lagi, membuat kelangkaan bahan bakar minyak akan sulit dihindari. Bahan bakar alternatifpun mulai dipikirkan, baik pengembangan bahan bakar baru pengganti bahan bakar maupun penambahan bahan–bahan tertentu pada bahan bakar minyak. Penelitian ini akan menggunakan minyak cengkeh sebagai bioaditif pada bahan bakar premium, pertamax, dan campuran premium dengan pertamax untuk mencari pengaruhnya terhadap daya, torsi, dan emisi gas buang sepeda motor, serta mendapatkan komposisi terbaik untuk campurannya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan statistika deskripsitf. Variabel bebas adalah premium dicampur minyak cengkeh (komposisi minyak cengkeh 0,5%, 1%, 1,5%), pertamax dicampur minyak cengkeh (komposisi minyak cengkeh 0,5%, 1%, 1,5%), pertamax dicampur premium (50:50), serta penambahan minyak cengkeh pada pencampuran premium dan pertamax (komposisi minyak cengkeh 0,5%, 1%, 1,5%). Variabel terikat adalah daya, torsi, dan emisi gas buang.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan, dengan menambahkan bioaditif minyak cengkeh kedalam bahan bakar premium, pertamax dan campuran premium dengan pertamax dapat menghasilkan daya dan torsi maksimum yang lebih besar dari premium, pertamax,dan campuran premium dengan pertamax dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik

Simpulan dari penelitian ini adalah dengan menambahkan bioaditif minyak cengkeh kedalam bahan bakar premium, pertamax,dan campuran premium dengan pertamax dapat meningkatkan daya dan torsi, dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik. Komposisi campuran terbaik dihasilkan oleh campuran premium dengan pertamax+ minyak cengkeh 0,5%, karena menghasilkan daya dan torsi tertinggi. Sedangkan campuran premium+ minyak cengkeh 1% menghasilkan emisi gas buang terbaik dengan kadar CO dan CO_2 terendah namun hasil HC tidak lebih baik dari premium murni.

Kata kunci: Bioaditif,minyak cengkeh, emisi gas buang, konsumsi bahan bakar, performa, premium, pertamax.

ABSTRACT

Increased growth in the transport sector resulted in increases the need for fuel oil. While the availability of fossil fuels diminishing and non-renewable. Hand with increasing environmental pollution motor vehicle pollution generated more bertambah.Semakin depletion of oil reserves currently estimated to run out 15-20 years and more, making the scarcity of fossil fuels will be difficult to avoid. Fuel alternatifpun start thinking, well the development of new fuel and additional fuel substitute certain ingredients on fossil fuels. This study will use clove oil as bioaditif on premium fuel, pertamax, and premium mix with pertamax to seek influence on power, torque and exhaust emissions of motorcycles, as well as getting the best composition for the mixture.

The method used in this study is an experiment with deskripsitf statistics. The independent variable is a premium blended oil of cloves (clove oil composition of 0.5%, 1%, 1.5%), mixed pertamax clove oil (clove oil composition of 0.5%, 1%, 1.5%), premium blended pertamax (50:50), and the addition of clove oil in premium mixing and pertamax (clove oil composition of 0.5%, 1%, 1.5%). The dependent variable is the power, torque and exhaust emissions.

Results of research conducted showed, adding bioaditif clove oil into premium fuels, pertamax and premium mix with pertamax can generate power and maximum torque greater than the premium, pertamax, and premium mix with pertamax and produces emissions that are better

The conclusions of this study is to add bioaditif clove oil into premium fuels, pertamax, and premium mix with pertamax can increase power and torque, and produces emissions better. The composition produced by the best mix of premium blend with pertamax + 0.5% clove oil, because it produces the highest power and torque. While premium blend of clove oil + 1% exhaust emissions best with the lowest CO2 levels of CO and HC but the results are no better than the pure premium.

Keywords: Bioaditif, clove oil, exhaust emissions, fuel consumption, performance, premium, pertamax.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
PERNYATAAN ii
PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
ABSTRAK v
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xi
BAB I PENDAHULUAN 1
A.Latar belakang 1
B.Rumusan Masalah 3
C.Tujuan Penelitian 4
D.Manfaat Penelitian 4
BAB II KAJIAN PUSTAKA 6
1. Landasan Teori 7
A.Pengertian Bahan Bakar 7
B. Motor Bensin 9
C. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah 10
D. Bahan Bakar Premium 17
E. Parameter dalam Performa Mesin 19
F. Minyak Cengkeh 20
G. Minyak Cengkeh sebagai Bio additif 21
H. Emisi Gas Bekas 26
2.Kerangka Berfikir 31
3. Hipotesis 32
BAB III METODE PENELITIAN 37
1. Rancangan Penelitian 37

2. Jenis Penelitian 37
3. Variabel Penelitian 38
4. Teknik Pengumpulan Data 40
5. Teknik Analisis Data 41
6. Alat dan Bahan 41
7. Prosedur Penelitian 42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 47
A. Hasil Penelitian 47
B. Pembahasan 62
BAB V PENUTUP 76
A. Simpulan 76
B. Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 79

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Formula Bahan Bakar+Minyak Cengkeh 38

Tabel 2. Sifat Fisika sifat fisika pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium..... 48

Tabel 3. Hasil pengujian daya pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium..... 51

Tabel 4. Hasil pengujian torsi pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium..... 54

Tabel 5. Hasil pengujian kadar emisi gas buang pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium..... 58

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah..... 15
Gambar 2. Diagram pV pada siklus Otto sebuah mesin bensin..... 17
Gambar3. Diagram pembakaran motor bensin 19
Gambar 4. Diagram terjadinya detonasi pada motor bensin..... 20
Gambar 5. Rancangan penelitian pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 37
Gambar 6. Grafik Daya pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 48
Gambar 7. Grafik Torsi pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 52
Gambar 8. Ambang Batas Emisi Gas Buang 57
Gambar 9. Grafik Emisi Gas Buang CO pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 59
Gambar 10. Grafik Emisi Gas Buang HC pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 60
Gambar 11. Grafik Emisi Gas Buang CO_2 pada prosentase minyak cengkeh terhadap premium, pertamax, campuran pertamax+premium 61

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Hasil Dynotest Daya dan Torsi..... 80

Lampiran 2 Hasil Uji Emisi 116

Lampiran 3 Foto Dokumentasi Penelitian 128

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Meningkatnya pertumbuhan di bidang transportasi mengakibatkan meningkat pula kebutuhan akan bahan bakar minyak. Sedangkan ketersediaan bahan bakar minyak semakin berkurang dan juga tidak dapat diperbaharui. Sehingga pencarian sumber energi yang *renewable* merupakan suatu keharusan. Disisi pencemaran lingkungan dengan bertambahnya kendaran bermotor polusi yang dihasilkan semakin bertambah.

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 (NO_2). 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.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Premium merupakan bahan bakar minyak yang paling banyak digunakan untuk kendaraan bermotor karena sifatnya yang bagus untuk kondisi mesin. Premium mempunyai nilai oktan 88. Selain premium ada lagi pertamax yang memiliki oktan 92 yang lebih bagus dari premium karena memiliki oktan yang lebih tinggi serta hasil emisi yang lebih baik. Penggunaan premium maupun pertamax pada umumnya digunakan pada kendaraan berbahan bakar bensin.Penambahan zat additif dapat dilakukan untuk menambahkan performa maupun mengurangi emisi gas polutan yang diperoleh dari sisa pembakaran.

Daya dan torsi yang dihasilkan pada motor bensin dipengaruhi oleh gaya hasil pembakaran yang diperoleh dari proses pembakaran di dalam motor itu sendiri. Namun pada kenyataannya proses pembakaran motor bensin dipengaruhi oleh kompresi, ketepatan pengapian, kualitas bahan bakar yang digunakan, dan kualitas pemasukan campuran bahan bakar ke dalam silinder. Hal inilah yang menyebabkan pembangkitan daya dan torsi pada motor akan selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan putaran sampai batasan tertentu.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Additif BBM adalah suatu bahan yang ditambahkan ke dalam BBM dalam jumlah yang sangat kecil dengan tujuan untuk menyempurnakan pembakaran di dalam mesin sehingga energi/tenaga yang dihasilkan lebih besar dari sebelumnya. mutu pembakaran dari suatu BBM dapat dilihat dari nilai angka oktan atau biasa disebut sebagai *antiknocking*. Pada garis besarnya ada dua jenis bahan additif BBM, yaitu senyawa organik-logam *(metallic compound)* dan

organik-nonlogam *(non metallic compound).Metallic compound* merupakan bahan *antiknock* yang mengandung logam, diantaranya adalah *tetra ethyl lead* (TEL) dengan rumus kimianya $Pb(C_2H_5)_4$, *tetra methyl lead* (TML) dengan rumus $Pb(CH_3)_4$, metilcyclopentadienyl manganestricarbonyl (MMT) rumus kimianya adalah $CH_3C_5H_4Mn\ (CO)_3$. TEL adalah antiknock yang mengandung timah hitam (Pb) merupakan cairan berat, begitu juga dengan TML yang dapat larut dalam bensin dan berfungsi menaikkan angka oktan. Namun jenis additif ini mulai ditinggalkan karena kandungan logam Pb dan akan menimbulkan gas buang yang bersifat toxic, demikian juga dengan MMT. *Non metallic compound* adalah bahan peningkat octan yang tidak mengandung ikatan logam, yang termasuk didalamnya adalah senyawa hidrokarbon aromatik (seri hidrokarbon dengan rantai tertutup) dan oksigenat dimana sumber utamanya batubara dan minyak bumi. Hidrokarbon aromatik seperti halnya olefin (seri hidrokarbon dengan satu ikatan rangkap) mempunyai sifat antiknock yang baik karena termasuk senyawa siklis dengan enam atom karbon yang saling mengikat satu atom hidrogen, misalnya benzena (C_6H_6), toluena (metil benzena) dengan rumus $C_6H_5CH_3$ atau C_7H_8 dan xilena *(dimetilbenzena)* dengan rumus kimia $C_6H_4(CH_3)_2$ atau C_8H_7 (Ma'mun,dkk,2010: 143).

Minyak cengkeh merupakan zat addtitif organic nonlogam. Minyak cengkeh termasuk dalam golongan minyak atsiri.Minyak atsiri merupakan suatu bahan alam yang tersusun dari komponen-komponen yang bersifat mudah menguap, berat jenisnya rendah dan dapat melarutkan bahan organik (Ma'mun,dkk, 2010: 142).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Salah satu fungsi penambahan minyak cengkeh pada bahan bakar adalah sebagai bio additif, serta kandungan oksigen di dalam minyak cengkeh dapat membuat pembakaran menjadi lebih sempurna yang meminimalkan emisi gas polutan pada kendaraan.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka diadakan penelitian dengan judul"Pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax Terhadap Emisi Gas Bekas dan Performa motor 4 Langkah 1 Silinder".

B. RUMUSAN MASALAH

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

1. Bagaimana pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap performa kendaraan?
2. Bagaimana pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap emisi gas buang kendaraan seperti CO, HC, CO_2?
3. Pada komposisi berapakah dapat menghasilkan performa mesin terbaik pada kendaraan?
4. Pada komposisi berapakah dapat menghasilkan emisi gas buang yang terbaik?

C. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1. Mengetahui adanya Pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap performa kendaraan.
2. Mengetahui adanya pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap emisi gas buang kendaraan.
3. Mengetahui komposisi berapakah yang dapat menghasilkan performa mesin terbaik pada kendaraan.
4. Mengetahui Pada komposisi berapakah dapat menghasilkan emisi gas buang yang terbaik.

D. MANFAAT

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap performa kendaraan.
2. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh Prosentase Minyak Cengkeh pada Premium, Pertamax dan campuran Premium dengan Pertamax terhadap emisi gas buang kendaraan.
3. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan penelitian lebih lanjut.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. LANDASAN TEORI

1. Bahan Bakar

a) Pengertian Bahan Bakar

Bahan bakar adalah material,zat,atau benda yang digunakan dalam proses pembakaran untuk menghasilkan energi panas (Raharjo dan karnowo 2008:37).

Bahan bakar yang saat ini digunakan untuk kendaraan bermotor khususnya sepeda motor adalah bensin. Semua bahan bakar terdiri dari dua elemen dasar yang mudah terbakar yaitu karbon dan hidrogen, baik secara terpisah maupun menjadi satu dan dinamakan hidrokarbon.

Pada bahan bakar bensin yang membedakan jenis-jenis bensin tersebut adalah angka oktan dan kandungan timbal dalam bensin tersebut.Angka oktan adalah kemampuan suatu bensin terhadap kompresi sebelum terjadinya detonasi.semakin tinggi angka oktan semakin tahan terhadap detonasi,demikian juga sebaliknya semakin rendah angka oktan maka semakin mudah terjadinya detonasi. Angka oktan suatu bahan bakar menyatakan persentase volume iso-oktana dalam campuran yang terdiri dari iso-oktana *(2,2,4-trimethylpentane)* dan normal-heptana *(n-heptane)*. Contoh sederhana adalah Premium dengan angka oktan 88, yang berarti campuran volume iso-oktana sebanyak 88% dan 12% volume normal-heptana (silaban,2012:17).Bahan bakar yang baik haruslah memiliki angka oktan yang tinggi pada seluruh daerah destilasinya untuk mencegah terjadinya *knocking*. Bilangan oktan di ukur dengan mesin

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Coordinating Fuel Research (CFR), yaitu suatu mesin penguji yang dapat diubah-ubah angka kompresinya.

Angka oktan atau disebut juga bilangan oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan dari suatu bahan bakar terhadap detonasi (Suyanto 1989:133). Angka oktan adalah prosentase volume *isooctane* di dalam campuran antara *isooctane* dengan *normal – heptana* yang menghasilkan intensitas *knocking* atau daya ketokan dalam proses pembakaran ledakan dari bahan bakar yang sama dengan bensin yang bersangkutan. *Isooctane* sangat tahan terhadap ketokan atau dentuman diberi angka oktan 100, *heptane* yang sangat sedikit tahan terhadap dentuman diberi bilangan 0. Pada motor percobaan, bermacam – macam bensin dibandingkan dengan campuran *isooctane* dan *normalheptana* tersebut. Bilangan oktan untuk bensin adalah sama dengan banyaknya prosen *isooctane* dalam campuran itu. Semakin tinggi *Octane Number* bahan bakar menunjukan daya bakarnya semakin tinggi. Bensin yang ada dipasaran di kenal ada tiga kelompok: (1) *Reguler – grade*, (2) *Premium-grade* (3) *Third – grade Gasoline*. Adapun di Indonesia pertamina mengelompokkannya menjadi: bensin, premium, aviaton gas dan super 98 (Supraptono, 2004:14).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Bensin memiliki karakteristik dan nilai pembakaran yang berbeda – beda. Karakteristik inilah yang menentukan sifat – sifat dalam proses pembakaran, dimana sifat yang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bio-additif ke dalam bahan bakar tersebut, dengan harapan akan mempengaruhi kualitas bahan bakar. Proses pembakaran bahan bakar dalam motor bensin atau

mesin pembakaran dalam sangat dipengaruhi oleh bilangan tersebut, sedangkan di motor Diesel sangat dipengaruhi oleh bilangan setana (*cetane number*).

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.

Sisa-sisa gas hasil pembakaran dalam bahan bakar harus diperhatikan. 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 $NOxCO_2$, CO, HC, partikel, dan Pb (timah hitam), terutama ditimbulkan oleh pembakaran pada motor bensin.

b) Sifat fisik bahan bakar

Sifat-sifat fisik bahan bakar yang perlu diketahui adalah:

1) Berat Jenis (*specificgravity*)

Berat jenis adalah suatu perbandingan berat bahan bakar minyak dengan berat air dalam volume dan suhu yang sama (60^0 F) (Supraptono, 2004:26). Dalam perdagangan international, berat jenis dinyatakan dalam API *(American Petroleum Institute).* Api menunjukan 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

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

API maka mutu minyak tersebut kurang baik karena banyak mengandung lilin atau aspal residu. (Supraptono, 2004 : 26).

API = $\frac{141,5}{\gamma}$-131,5

Keterangan:

γ = adalah berat jenis air pada suhu 60^0 F

Banyak hubungan antara Sg dengan sifat-sifat penting bahan bakar minyak lainnya, yaitu:

1. Untuk pembakaran pada volume tetap: Nilai Kalor Atas, Btu/lb = 22320 – [3780 x $(Sg)^2$]
2. Untuk pembakaran pada tekanan tetap: Nilai Kalor Bawah, Btu/lb = 19960 – [3780 x $(Sg)^2$] + (1362 x Sg)
3. Persen hidrogen, % = 26 – (15 x Sg)
4. Kalor spesifik, Btu/lb 0F = kal/gr ^{0}F = [0.388 x 0.00045 x t (^{0}F)] : $(Sg)^{1/2}$
5. Kalor laten penguapan, Btu/lb = [110 .9 x 0.09 x t (^{0}F)] : Sg (firdauz:2012)

Dari rumus di atas disimpulkan spesifik grafity (sg) mempengaruhi besar kecilnya nilai kalor, semakin kesil sg maka kalor akan semakin besar begitu sebaliknya.

2) Viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran dari besar perlawanan zat cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam dari suatu bahan cair (Supraptono, 2004:27).

3) Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan jika 1 kg bahan bakar terbakar secara sempurna.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

4) Titik Nyala (*flashpoint*)

Titik nyala merupakan angka yang menyatakan suhu terendah bahan bakar minyak akan terbakar apabila pada permukaannya tersebut diletakan pada nyala api.

5) Reid Vapour(kpa)

RVP yang rendah dapat mencegah terjadinya sumbatan uap (vapor lock) terutama pada mesin kendaraan bermotor berbahan bakar bensin yang memakai karburator.Vapor lock adalah terbatasnya suplai bahan bakar karena pembentukan uap yang cepat pada sistem suplai bahan bakar, pembentukan uap ini harus dibatasi dan disesuaikan dengan kerja dan kecepatan mesin. Pembentukan uap yang terlalu cepat akan menghambat dan mengurangi aliran bahan bakar dari intake manifold. Ketika temperatur bahan bakar mencapai temperatur yang cukup, maka tekanan uap bahan bakar akan sama dengan tekanan dalam sistem saluran bahan bakar, hal ini akan menghambat aliran bahan bakarnya. Vapor lock sering terjadi pada motor berjalan lama, sehingga terbentuk suhu tinggi pada bagian tertentu dari mesin, akibat terbentuknya uap bahan bakar yang berlebihan maka pada bagian tersebut perlu adanya pendingin.Tekanan uap Reid (Reid vapor pressure, RVP) spesifikasi Bensin 88 menurut SK Dirjen Migas No.3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 dibatasi maksimum 62 kPa. Tetapi karena bahan bakar bensin (khususnya Bensin 88) yang dipasarkan di dalam negeri kadang-kadang mempunyai tekanan uap Reid (RVP) tinggi, maka Dirjen Migas dengan surat Keputusannya No. 5312/14/DJM.T/2008 tanggal 31

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Maret 2008 memberikan “Dispensasi penyesuaian spesifikasi BBM jenis Bensin 88” yaitu RVP maksimum 69 kPa.

6) viskositas

Viskositas adalah suatu ukuran dari besar perlawanan zat cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dalam dari suatu bahan cair (Supraptono, 2004:27).

Bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran pada motor bakar merupakan unsur hidrokarbon yang biasa dikenal dengan nama bensin yang mempunyai rumus C_8H_{18}.

2. Motor Bensin

Motor bensin termasuk ke dalam jenis motor bakar torak. Proses pembakaran bahan bakar dan udara terjadi di dalam silinder (*internal combustion engines*). Mesin pembakaran dalam (*internal combustion engines*) adalah mesin dimana proses pembakaran berlangsung di dalam mesin itu sendiri, sehingga gas hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Karena fluida tersebut dibatasi oleh dinding silinder maka tekanan dan temperatur meningkat, sehingga mendorong piston bergerak translasi (mundur), dimana piston tersebut dihubungkan ke poros engkol melalui batang piston. Dari gerakan translasi dapat diubah menjadi gerakan rotasi (putar). Kemudian dari gerakan rotasi inilah motor bensin dapat digunakan sebagai penggerak kendaraan bermotor sesuai dengan kebutuhan.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi unjuk kerja mesin bensin, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar

dengan udara, nilai kalor, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara mesin akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan menimbulkan *knocking* pada mesin yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Untuk mengatasi hal ini maka harus dipergunakan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya (*self ignition*) yang menimbulkan *knocking* tadi. Untuk memperbaiki kualitas campuran bahan bakar dengan udara maka aliran udara dibuat turbulen, sehingga diharapkan tingkat homogenitas campuran akan lebih baik.

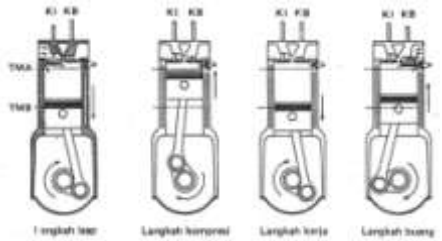
3. Prinsip Kerja Mesin 4 Langkah

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik (Raharjo dan Karnowo, 2008:78).

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.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Prinsip kerja mesin bensin 4 langkah adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Prinsip kerja mesin 4 langkah (Kristanto, 2015:11)

a. Langkah hisap

Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dihisap ke dalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertututp. Waktu torak bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bensin ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (*atsmospheric pressure*).

b. Langkah Kompresi

Dalam langkah ini, campuran udara dan bensin dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar. Poros engkol berputar satu kali, ketika torak mencapai TMA.

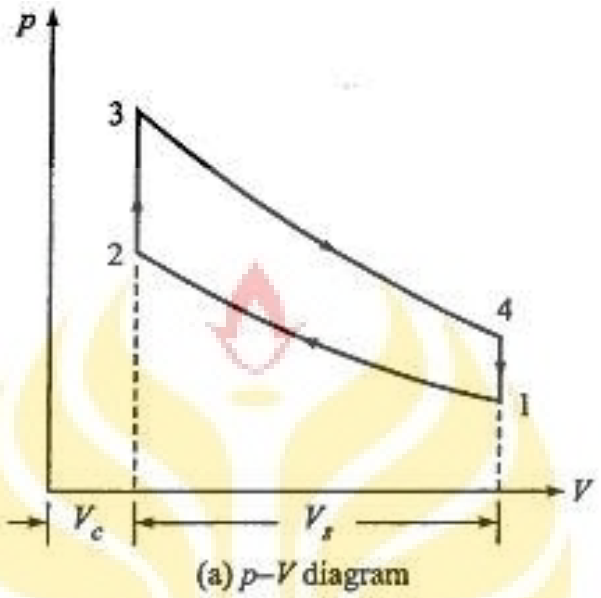
c. Langkah Usaha

Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga unutk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi memberi loncatan api pada campuran yang telah dikomporesikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (*engine power*).

d. Langkah buang

Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA, mendorong gas bekas keluar silinder. Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh

dalam satu siklus terdiri dari 4 langkah, hisap, kompresi, usaha, buang yang merupakan dasar kerja daripada mesin 4 langkah (jama, dkk).



Gambar 2. Diagram pV pada siklus Otto sebuah mesin bensin secara teoritis (Gupta, 2009:26)

Diagram pada gambar 3 adalah sebuah diagram pV untuk model dari proses termodinamik pada sebuah mesin. Model ini disebut siklus Otto. Adapun urutan prosesnya adalah sebagai berikut:

Proses 1-2: kompresi isentropik dari gas ideal, dimana piston bergerak menuju TMA (titik mati atas), campuran udara – bahan bakar yang berada di dalam silinder ditekan dan dimampatkan, sehingga tekanan dan temperatur dalam silinder meningkat.

Proses 2-3: pemasukan kalor pada volume konstan. Campuran bahan bakar - udara yang telah terkompresi mulai terbakar akibat percikan api yang ditimbulkan oleh busi. Akibat proses pembakaran ini maka temperatur dan tekanan di ruang bakar meningkat.

Proses 3-4: ekspansi isentropik dari gas ideal. Tekanan yang ditimbulkan pada proses pembakaran mendorong piston turun menuju TMB (titik mati bawah), langkah ini disebut langkah kerja (ekspansi). Pada langkah ini katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selama proses ekspansi ini temperatur dan tekanan mulai turun.

Proses 4-1: pelepasan kalor pada volume konstan. Piston bergerak menuju titik mati atas mendorong gas di dalam silinder melalui katup buang.

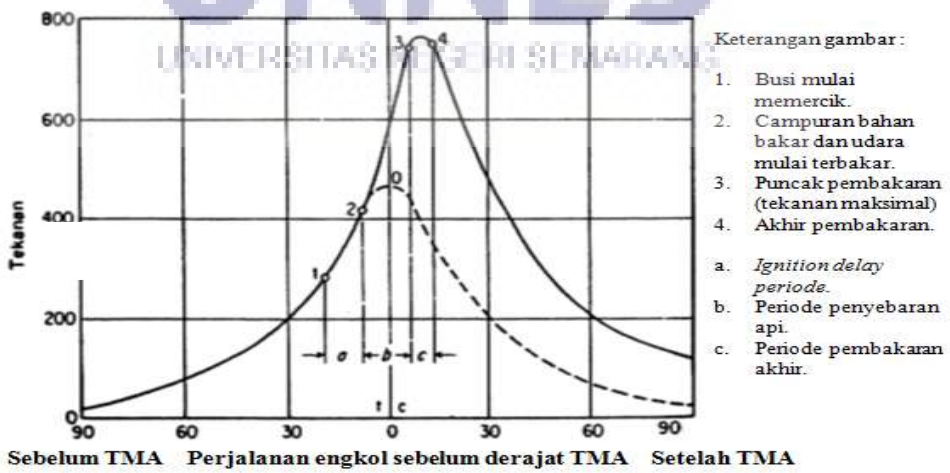
Siklus Otto yang baru saja dibahas adalah sebuah model yang sangat ideal. Diasumsikan bahwa campuran yang dipakai berperilaku seperti gas ideal, campuran ini mengabaikan gesekan, turbulensi, panas yang hilang ke dinding silinder, dan banyak efek lainnya yang berkombinasi untuk mengurangi efisiensi dari mesin sesungguhnya. Sumber inefisiensi lainnya adalah pembakaran yang tidak sempurna. Penyalaan yang baik membutuhkan campuran yang mengandung lebih kaya bensin. Pembakaran yang tidak normal (sempurna) akan menghasilkan HC,CO, NOx, partikel, dan Pb. Panas yang diperoleh dari bensin akan terbuang sia–sia, dan produk yang keluar menyebabkan polusi udara.

Pembakaran yang sempurna dalam mesin Otto perlu memperhatikan perbandingan antara bahan bakar dan udara. Agar dapat terjadi pembakaran yang sempurna diperlukan perbandingan yang tepat antara massa bahan-bakar / massa udara (*Air Fuel Ratio*). Besarnya perbandingan antara massa bahan bakar dengan udara (*Air Fuel Ratio*) idealnya adalah 1: 15. Artinya untuk membakar 1 kg bahan bakar membutuhkan 15 kg udara pada tekanan atmosfer.

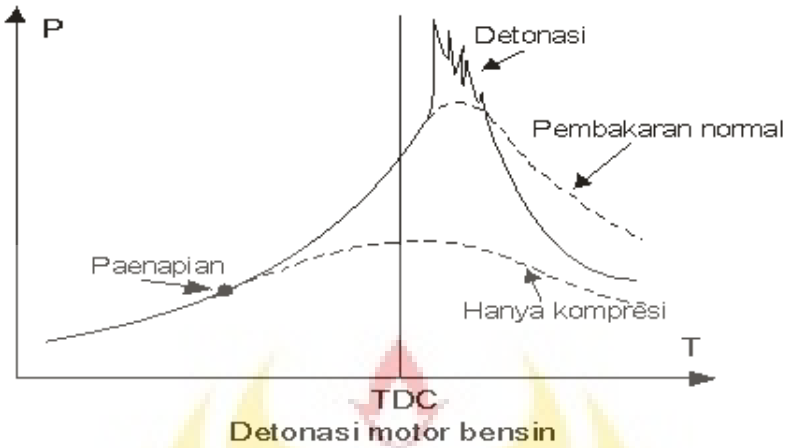
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Pembakaran yang tidak sempurna terjadi apabila bahan bakar terbakar terlebih dahulu sebelum saat yang ditentukan. Pembakaran tidak normal ini menimbulkan ledakan yang menghasilkan gelombang kejutan berupa suara ketukan (*knocking noise*) yang memungkinkan timbulnya gangguan pada proses pembakaran pada motor bensin. Detonasi terjadi apabila bahan bakar terbakar sebelum penyalaan percikan api dari busi karena tekanan dan temperatur pada mesin yang sangat tinggi, sehingga menjadikan suhu di ruang bakar ikut naik dan membuat bahan bakar mudah sekali untuk terbakar. Detonasi yang berulang-ulang dalam jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin sepeda motor. Detonasi pada motor bensin sangat merugikan karena hal ini dapat mengurangi daya dan efisiensi panas yang akan berdampak menurunkan performa mesin.

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



Gambar3. Diagram pembakaran motor bensin (Suyanto, 1989:253).



Gambar 4. Diagram terjadinya detonasi pada motor bensin (Suyanto, 1989:258).

Proses atau tingkatan pembakaran dalam sebuah mesin terbagi menjadi empat tingkat atau periode yang terpisah. Periode-periode tersebut adalah :

a. Keterlambatan Pembakaran (*Delay Period*)

Periode keterlambatan pembakaran dimulai dari titik (1-2) yaitu mulai memerciknya busi. Selama periode ini campuran bahan bakar dan udara belum terbakar karena setiap benda yang bisa terbakar (dalam hal ini bahan bakar bensin) memiliki sifat tidak langsung terbakar jika dinyalakan melainkan akan terbakar beberapa saat setelah benda tersebut diberikan penyalaan.

b. Penyebaran api

Periode penyebaran api ditunjukkan pada titik (2-3) adalah saat dimana campuran bahan bakar dan udara mulai terbakar. Periode ini tekanan dalam silinder meningkat drastis dikarenakan adanya pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder dan gerakan piston yang semakin mendekati TMA.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

c. Puncak pembakaran (pembakaran akhir)

Puncak pembakaran akhir pada proses pembakaran dimulai pada titik (3-4). Tekanan pembakaran puncak terjadi pada titik fase ini. Puncak pembakaran akan ditentukan oleh saat pengapian dan nilai oktan dari bahan bakar. Semakin maju saat pengapian, maka puncak pembakarannya pun akan terjadi semakin maju pula. Puncak pembakaran yang terlalu maju dapat menyebabkan terjadinya *knocking*, sedangkan jika pengapian terjadi terlambat maka puncak pembakaran akan menjadi semakin jauh dari TMA yang menyebabkan tenaga yang dihasilkan menjadi berkurang. Begitu juga dengan nilai oktan bahan bakar, semakin tinggi nilai oktan pada bahan bakar, maka akan semakin lama proses pembakarannya (Suyanto, 1989 : 252-265).

4. Bahan Bakar Premium

Pada motor bakar, bahan bakar yang digunakan pada sepeda motor adalah jenis bensin yang mempunyai bilangan oktan tertentu. Bensin merupakan hasil dari pengolahan minyak bumi yang berasal dari perut bumi, dan merupakan komposisi dari *isooctane* dengan *normal heptana* serta senyawa molekulnya tergolong dalam kelompok senyawa hidrokarbon *alkana*. Menurut Supraptono (2004: 13) bensin dipasaran dikenal ada tiga kelompok yaitu : (1) *Regular-grade*, (2) *premium-grade*, dan (3) *third-grade Gasoline*. Adapun di Indonesia pertamina mengelompokkannya menjadi : bensin, premium, aviation gas dan super 98.

Untuk bahan bakar bensin terdapat angka oktan yang dapat mempengaruhi kualitas bensin, apabila angka oktan nya semakin tinggi maka daya bakar nya akan semakin tinggi pula. Menurut Supraptono (2004 :13) angka oktane

merupakan prosentase volume isooctane di dalam campuran isooctane dengan normal heptana yang menghasilkan intesitas knocking atau daya ketokan dalam proses pembakaran.

Bensin mengandung hidrokarbon hasil sulingan dari produksi minyak mentah. Bensin mengandung gas yang mudah terbakar, umumnya bahan bakar ini di pergunakan untuk mesin dengan pengapian busi. Menurut Supraptono, (2004: 18) sifat yang dimiliki bensin antara lain :

a. Mudah menguap pada temperatur normal
b. Tidak berwarna
c. Titik nyala rendah (-10° C sampai -15° C)
d. Berat jenis rendah (0,60 s/d 0,78)
e. Dapat melarutkan oli dan karet
f. Menghasilkan jumlah panas yang besar (9,500 s/d 10,500 kcal/kg)
g. Setelah dibakar sedikit meninggalkan karbon

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Premium yang dipasarkan di Indonesia memiliki nilai angka oktan 88. Berikut spesifikasi bahan bakar premium yang dipasarkan oleh PT. Pertamina :

Tabel 2.1. Spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin 88

No	Karakteristik	Satuan	Batasan				Metode Uji ASTM
			Tanpa Timbal		Bertimbal		
			Min	Maks			
1.	Bilangan Oktana						
	Angka Oktana Riset (RON)	RON	88	-	88	-	D 2699-86
	Angka Oktana Motor (MON)	-	Dilaporkan		Dilaporkan		D 2700-86
2.	Stabilitas Oksidasi (periode Induksi)	Menit	360	-	360	-	D525-99
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05 [1)]		0.05[1)]	D 2622-98
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013		0,3	D 3237-97
5.	Distilasi						
	10 % vol. Penguapan	^oC	-	74	-	74	
	50 % vol. Penguapan	^oC	88	125	88	125	
	90 % vol. Penguapan	^oC	-	180		180	
	Titik didih akhir	^oC	-	215	-	205	
	Residu	% vol	-	2.0	-	2.0	
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7 [2)]		2.7 [2)]	D 4815-94a
7.	Washed gum	mg/100ml	-	5	-	5	D381-99
8.	Tekanan Uap	kPa	-	62	-	62	D 5191-99 atau D 323
9.	Berat Jenis pada suhu 15° C	kg/m^3	715	780	715	780	D 4052-96 atau D 1298
10.	Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1		Kelas 1		D 130-94
11.	Uji Doktor		Negatif		Negatif		

Sumber : SK Dirjen Migas No : 3674 K/24/DJM/2006

5. Bahan Bakar Pertamax

Menurut Mulyono dkk (30) menyatakan pengertian tentang pertamax sebagai berikut :

> Pertamax merupakan jenis bahan bakar dengan angka oktan 92. Bensin pertamax dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (9,1 :1 sampai 10,0 ;1). Bahan bakar pertamax sudah tidak menggunakan timbal sehingga dapat mengurangi racun gas buang kendaraan bermotor seperti nitrogen oksida dan karbon monoksida.

Menurut Supraptono (2004: 13) menyatakan pengertian tentang angka oktan sebagai berikut :

> Angka oktan adalah prosentase volume *isooctane*di dalam campuran antara *isooctane* dengan *normal heptana* yang menghasilkan intensitas knocking atau daya ketokan dalam proses pembakaran ledakan dari bahan bakar yang sama dengan bensin bersangkutan. *Isooctane* sangat tahan terhadap ketokan atau dentuman yang kita beri angka oktane 100, heptana yang sangat sedikit tahan terhadap dentuman di beri bilangan 0.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Berikut spesifikasi bahan bakar pertamax yang dipasarkan pertamina:

Tabel 2.2. Spesifikasi bahan bakar minyak jenis bensin 91

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji ASTM
			Min	Maks	
1.	Angka Oktana Riset (RON)	RON	91.0	-	D 2699-86
2.	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-	D 525-99a
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05 [1])	D 2622-98
4.	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013 [2])	D 3237-97
5.	Kandungan Phosphor	mg/l	-	-	D 3231-99
6.	Kandungan Logam	mg/l	-	-	D 3831-94
7.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,.7 [2)]	D 4185-94a
8.	Kandungan Aromatik	% v/v	-	50.0	D 1319-99
9.	Kandungan Benzena	% v/v		5.0	D 4420-94
8.	Distilasi				D 86-99a
	10 % vol. Penguapan	^oC	-	70	
	50 % vol. Penguapan	^oC	77	110	
	90 % vol. Penguapan	^oC	130	180	
	Titik didih akhir	^oC	-	215	
	Residu	% vol	-	2.0	
9.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452 -97
10.	Unwashed Gum	mg/100ml		70	D 381-99
11.	Washed Gum	mg/100ml	-	5	D 381-99
12.	Tekanan Uap	kPa	45	60	D 5191-99 atau D 323
13.	Berat Jenis pada suhu 15° C	kg/m^3	715	770	D 4052-96 atau D 1298
14.	Korosi bilah tembaga	menit	Kelas 1		D 130-94
15.	Uji Doktor		negatif		
16.	Belerang Mercaptan	% massa	-	0.002	D 3227
17.	Penampilan Visual		Jernih dan terang		
18.	Warna		Biru		
19.	Kandungan Pewarna	gr/100 l	0,13		

Sumber : SK Dirjen Migas No : 3674 K/24/DJM/2006

6. Parameter dalam Performa Mesin

Menganalisis performa mesin berfungsi untuk mengetahui perbandingan bahan bakar—udara, daya keluaran. Berikut ditampilkan rumus-rumus dari

beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan unjuk kerja motor bakar torak:

1) **Torsi**

Torsi adalah gaya tekan putar pada bagian yang berputar (Jama dan Wagino, 2008:23). pada motor bakar gaya adalah daya motor sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah torak. Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak.

$T = F \times r$……

Dimana :

T = Torsi (N.m)

F = gaya penyeimbang yang diberikan (N)

r = jarak lengan torsi (m)

2) **Daya**

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya atau tenaga adalah kecepatan yang menimbulkan kerja motorselama waktu tertentu (Jama dan wagino, 2008: 24).

Untuk menghitung besarnya daya pada motor 4 langkah digunakan rumus :

$P = 2\pi NT$ ……

atau

$P(kW)=2\pi \times N(rev/s) \times T(N.m) \times 10^{-3}$……..

Dalam satuan hp:

$$P\,(hp) = \frac{N\left(\frac{rev}{m}\right) \times T\,(lbf.ft)}{5252}$$ ……

Dalam satuan PS:

$$Ne\,(PS) = \frac{\pi \times n}{30} \times T \times \frac{1}{75}$$

……..……

$$Ne\ (PS) = \frac{T\ (kgf.m) \text{x}\ \text{n}(rev/min)}{716{,}2}$$

Dimana :

P, Ne = Daya efektif (kW, HP, PS)

N,n = putaran mesin (rpm)

T = torsi (N.m, lbf.ft, kgf.m)

1 Hp = 1,014 PS

1 HP = 0,735 kW

1 kW= 1,34 Hp

1 PS = 0,9863 hp = 0,7355 kW

7. 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).

Minyak cengkeh (*Eugenia caryophyllata* Tumberg) diperoleh dengan cara destilasi uap dari buah atau daun pohon cengkeh yang telah gugur. Buah cengkeh yang kering mengandung sekitar 18,32% minyak atsiri dengan kandungan eugenol sebesar 80,94%, sedangkan daun cengkeh mengandung sekitar 2,79% minyak atsiri dengan kandungan eugenol sebesar 82,13% (Agusta dalam kadarohman, 2009). Minyak cengkeh hasil destilasi uap berwarna coklat gelap, tetapi setelah didestilasi ulang akan diperoleh cairan berwarna kekuningan jernih

dengan indeks bias pada 20°C = 1,530, massa jenis pada 30°C = 0,9994 (Guenther dalam Sastrohamidjojo, 2004). Senyawa yang terkandung dalam minyak cengkeh dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama merupakan senyawa fenolat dan eugenol, dan kelompok kedua adalah senyawa nonfenolat yaitu β-kariofilen, α-kubeben,α-kopaen,humulen,δ-kadien,dan kadina 1,3,5-trien (Sastrohamidjojo dalam kadarohman, 2009).

Eugenol adalah sebuah ikatan allyl ($C_{10}H_{12}O_2$) atau nama lainnya adalah 2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol dan merupakan anggota dari Allyl benzene. Eugenol reaktif terhadap basa kuat khususnya NaOH dan KOH. Eugenol berupa zat cair berbentuk minyak tidak berwarna atau sedikit kekuning-kuningan. Eugenol dapat larut dalam alkohol, kloroform, eter dan sedikit larut dalam air, berbau tajam minyak cengkeh, berasa membakar dan panas di kulit. Eugenol memiliki titik didih 256^0C, titik leleh -9^0C, titik nyala 104^0C, tekanan uap 10 mmHg pada 123^oC, densitas 1,064 - 1,068 g/mL, berat molekul 164,20 gr/mol dan indeks bias 1,541 pada 20^oC.

Dalam penelitian Kadarohman berjudul Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan BakarSolar pada jurnal pengajaran FMIPA UPI Bandung disebutkan bahwa minyak cengkeh memiliki spesifik gravity (25°C) = 0,845,spesifik gravity (15,55°C) = 0,852,API gravity = 34,54,Viskositas = 3,722, titik aniline(°F) = 156,2. Temuan Choi dan Reitz (1999) mengemukakan bahwa atom oksigen di dalam bahan bakar akan berperan untuk mengoksidasi jelaga dan gas karbon monoksida (CO) sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

8. Minyak cengkeh sebagai bio-additive

Zat aditif terdiri dari dua macam,yaitu aditif sintetis (aditif buatan) dan bioaditif (berasal dari tumbuhan). Telah banyak penelitian dalam melakukan reformulasi untuk bahan aditif ini. Terobosan yang semakin tajam dalam pemilihan aditif pada bahan bakar alternative adalah aditif organik (bioaditif) yang berasal dari tumbuhan alam. Indonesia merupakan produsen utama beberapa minyak essensial, seperti minyak nilam (*Patchouli oil*), minyak akar wangi (*Vertiver oil*), minyak sereh wangi (*Citronella oil*), minyak kenanga (*Canangaoil*), minyak kayu putih (*Cajeput oil*), minyak sereh dapur (*Lemon Grass*), minyak cengkeh (*Cloves oil*), minyak cendana (*Cinamon oil*), minyak kemukus (*Cubeb oil*), minyak lada (*Papper oil*) dimana banyak diantara minyak essensial tersebut dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif maupun campuran pada bahan bakar utama yang berfungsi sebagai penghemat. Minyak ini dapat larut dalam bahan bakar, dan dari hasil analisis terhadap komponen penyusunnya banyak mengandung oksigen yang dapat meningkatkan laju pembakaran, sehingga pembakaran bahan bakar dalam mesin menjadi lebih sempurna. Hal lain yang cukup penting dari ruang struktur senyawa penyusun minyak tersebut yaitu berada dalam rantai terbuka, yang dapat menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun bahan bakar sehingga proses pembakaran akan lebih efektif dan sempurna.

Additif BBM adalah suatu bahan yang ditambahkan kedalam BBM dalam jumlah yang sangat kecil (< 2500 ppm) dengan tujuan untuk menyempurnakan pembakaran didalam mesin (risvi dalam ma’mun,dkk, 2010:142). Secara khusus

mutu pembakaran dari suatu BBM dapat dilihat dari nilai angka octan atau biasa disebut sebagai *antiknocking*. Pada garis besarnya, ada dua jenis bahan additif BBM, yaitu senyawa organik-logam (*metalic compound*) dan organik-nonlogam (*non metallic compound*).

Metallic compound merupakan bahan antiknock yang mengandung logam, diantaranya adalah *tetra ethyl lead* (TEL) dengan rumus kimianya : $Pb(C_2H_5)_4$, *tetra methyllead* (TML) dengan rumus $Pb(CH_3)_4$, metilcyclopentadienyl anganestricarbonyl (MMT) rumus kimianya adalah $CH_3C_5H_4Mn(CO)_3$.TEL adalah antiknock yang mengandung timah hitam (Pb) merupakan cairan berat, begitu juga dengan TML, yang dapat larut dalam bensin dan berfungsi menaikan angka octan. Namun jenis additif ini mulai ditinggalkan karena kandungan logam Pb dan akan menimbulkan gas buang yang bersifat toxic, demikian juga dengan MMT. Non metallic compound adalah bahan peningkat octan yang tidak mengandung ikatan logam, yang termasuk didalamnya adalah senyawa hidrokarbon aromatik (seri hidrokarbon dengan rantai tertutup) dan oksigenat dimana sumber utamanya batubara dan minyak bumi. Hidrokarbon aromatik seperti halnya olefin hidrokarbon dengan satu ikatan rangkap) mempunyai sifat antiknock yang baik karena termasuk senyawa siklis dengan enam atom karbon yang saling mengikat satu atom hidrogen, misalnya benzena (C_6H_6), toluena (metil benzena) dengan rumus $C_6H_5CH_3$ atau C_7H_8 dan xilena (dimetilbenzena) dengan rumus kimia $C_6H_4(CH_3)_2$ atau C_8H_7 (Anon dalam Ma'mun,dkk,2010:143).

Penelitian lain yang pernah dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Obat, dan Aromatik.2010. Penggunaan Minyak Serai Wangi Sebagai Bahan Bio aditif

Bahan Bakar Minyak. Sinar Tani Edisi 24 – 30 November 2010.Dengan menambahkan 1 ml bio aditif kedalam 1000 ml bahan bakar bensin dapat menghemat penggunaan bensin 30-50 % pada kendaraan roda 2 , sedangkan pada kendaraan roda 4 penambahan aditif dapat menghemat 15-25%. Sifat *bio-aditif* minyak atsiri yang menyerupai bahan bakar, membuatnya dapat dicampurkan ke dalam bahan bakar minyak untuk salah satu solusi penghematan bahan bakar minyak.

Penelitian yang dilakukan oleh Endyani dan Putra (2011:34) yang termuat dalam PROTON Vol. 3 No. 1 memperlihatkan hasil penambahan zat aditif akan memperbaiki proses pembakaran pada mesin kendaraan. Penambahan zat aditif yang dilakukan pada penelitian tersebut juga menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik, yaitu menurunkan kadar karbonmonoksida (CO) sebesar 1,610, CO_2 sebesar 0,78, dan HC sebesar 79,2 serta menghilangkan senyawa NOx.

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan terhadap Penambahan minyak sereh wangi pada *gasoline* dengan perbandingan 1000:2 dapatmeningkatkan power mesin hingga 0,8 HP lebih tinggi dibandingkan jika tanpapenambahan minyak sereh wangi. Penambahan minyak sereh wangi pada *gasoline* dengan perbandingan 1000:2 dapatmeningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar sebesar 10,8 %.(Astuti dan Putra 2014)

Berdasarkan penelitian Silaban yang dimuat dalam JITE Vol. 1 No. 14 edisi Februari 2012:15-26 yang berjudul *"Pengaruh Penambahan Bio-Aditif Pada Premium Terhadap Kinerja Motor Bakar*" penggunaan bio aditif untuk campuran bahan bakar premium dengan komposisi 0,1% menghasilkan data yaitu hingga

putaran 1900 rpm daya poros yang dihasilkan lebih rendah sekitar 4,87% tetapi pada putaran 2100 rpm, daya poros yang dihasilkan sama. Dan juga dapat menghemat pemakaian bahan bakar yang didasarkan pada hasil perhitungan SFC, dimana terjadi nilai penurunan sebesar 4,84% sedangkan efisiensi termalnya meningkat sekitar 6,56%. Penambahan bio aditif juga dapat menurunkan kadar emisi HC dan CO.

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 menunjukan 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.

9. Emisi gas bekas

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%

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

karbonmonoksida (CO), 100 % timbal (Pb), 60 % hidrokarbon (HC), dan 60 % nitrogen oksida (NO_2). 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 mengenai Upaya Percepatan Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN). 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 keunggulanbagi Indonesia di pasar internasional.

Emisi gas bekas dapat membahayakan kesehatan manusia dan menyebabkan berbagai penyakit.sebagai contoh berikut ini adalah emisi yang dihasilkan oleh sisa pembakaran :

1) CO

Konsentrasi CO adalah perbandingan volume dari karbon monoksida (CO) yang terkandung di dalam gas buang dan dinyatakan dengan persen (%) .Bila karbon

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna maka terjadi reaksi berikut:

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO$$

$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$$

Dalam proses ini yang terjadi adalah CO2. Apabila unsur-unsur oksigen (udara) tidak cukup atau antara minyak bakar dan udara tidak tercampur rata akan terjadi proses pembakaran tidak sempurna, sehingga karbon di dalam bahan bakar terbakar dalam suatu proses sebagai berikut:

$$2C + O_2 \rightarrow 2CO.$$ (fardiaz, 1992: 95).

Gas CO sangat beracun jika dihirup oleh manusia, satu bagian CO dalam 800 bagian udara akan menyebabkan kematian seseorang dalam waktu 30 menit.(Suharto, 2010:272)

2) HC

Konsentrasi dari HC adalah perbandingan volume dari hidro karbon (HC) dipersamakan dengan normal hexane (C_6H_{14}) dalam gas buang dan dinyatakan dalam ppm(part per million).Gas buang HC dibagi dua yaitu : (1) Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah; (2) Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC yang lain, yang keluar bersama gas buang. (kusuma, 2002: 99)

HC dapat menyebabkan iritasi membran mukosa pada 100 ppm, pada 3000 ppm dapat menyebabkan lemas setelah $^1/_2$ -1 jam,dan kalau sampai 20.000 ppm dapat menyebabkan kematian setelah 5-10 menit. Solikin (1997:155)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

3) CO_2

Bila karbon di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna maka terjadi reaksi berikut:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

Konsentrasi CO_2 adalah perbandingan volume karbon dioksida (CO_2) yang terkandung di dalam gas buang dan dinyatakan dalam persen (%) .CO_2 secara langsungtidak berbahaya bagi manusia,namun CO_2 merupakan penyebab terjadinya efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.Proses terjadinya efek rumah kaca adalah sebagai berikut:Sinar matahari memanaskan laut dan daratan. Permukaan bumi yang memanas, kemudian meradiasikan panas dalam bentuk sinar inframerah keruang angkasa. Sebagian sinar inframerah tersebut diserap oleh gas-gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer, seperti uap air dan karbon dioksida. Dengan demikian panas terperangkap, tidak dapat lepas keruang angkasa, sehingga suhu permukaan bumi naik. Jika efek rumah kaca tidak ada, suhu permukaan bumi akan menjadi 33 derajat celcius lebih rendah dibandingkan sekarang, sehingga berada dibawah titik beku air. Jadi dalam kondisi normal, efek rumah kaca ini sebenarnya diperlukan, agar bumi menjadi nyaman untuk dihuni. Kadar alami karbon dioksida di atmosfer ini, dikendalikan oleh interaksi yang berlangsung antara atmosfer, lautan dan biospher, yang dikenal sebagai daur geokimia karbon. Aktifitas manusia yang melepaskan karbon berlebihan, telah mengganggu daur karbon ini. Akibatnya kadar karbondioksida di atmosfer bertambah tinggi, yang selanjutnya meningkatkan efek rumah kaca tersebut. Pemanasan global adalah terjadinya kecenderungan meningkatnya suhu udara dipermukaan bumi dan lapisan atmosphere bawah dari waktu ke waktu,

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

akibat terjadinya efek rumah kaca (green house effect). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada dekade sekarang ini telah terjadi kenaikan rata-rata suhu udara antara 0.3-0.6^{o}C. Bila emisi gas-gas rumah kaca terus meningkat dengan laju peningkatan seperti sekarang maka diperkirakan pada tahun 2030 rata-rata kenaikan suhu udara akan berkisar antara 3 sampai 5°C dan menyebabkan perubahan iklim global.

4) NOx

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

Gas NOx dapat menyebabkan sesak napas pada penderita asma, sering menimbulkan sukar tidur, batukbatuk dan dapat juga mengakibatkan kabut atau asap. NOx adalah gas yang tidak berwarna tidak berbau, tidak memiliki rasa, dan dengan O_2 akan sangat mudah, cepat bereaksi dan berubah menjadi NO_2 karena bersenyawa dengan O_2. Gas NO_2 (nitrogen dioksida), dapat juga merusak jaringan paru-paru dan jika bersama H_2O akan membentuk nitric acid (HNO_3) yang pada gilirannya dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi lingkungan. Gas NOx terbentuk akibat temperature yang tinggi dari suatu pembakaran. (kusuma, 2002: 96).Penelitian terhadap hewan percobaan yang dipajankan NO sampai 2500 ppm akan hilang kesadarannya setelah 6-7 menit. Tetapi jika pemajanan NO pada kadar tersebut berlangsung selama 12 menit. Pengaruhnya semua tikus mati.(Fardiaz,1992:110)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

B. KERANGKA BERFIKIR

Performa mesin bensin dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara – bahan bakar, mesin akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan menimbulkan *knocking* pada mesin yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Untuk mengatasi hal ini maka harus dipergunakan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya (*self ignition*) yang menimbulkan *knocking*.disisi lain ada hal lain yang perlu diperhatikan yaitu lingkungan,tidak hanya untuk performa yang bagus tapi kita harus tetap memperhatikan emisi yang dihasilkan dari sisa pembakaran.Bio-aditif yang dapat ditambahkan kedalam bahan bakar minyak adalah minyak atsiri (dalam penelitian ini yaitu minyak cengkeh) yang diperoleh dari penyulingan bagian tumbuh-tumbuhan tertentu.dua atom oksigen pada eugenol (Kadarohman, 2009), yaitu komponen utama minyak cengkeh, dapat berperan sebagai “penyedia oksigen” secara internal.

Kandungan oksigen dalam minyak cengkeh dapat memperkaya jumlah oksigen dalam pembakaran sehingga proses pembakaran bisa lebih disempurnakan. Dengan menambahkan oksigen yang terkandung dalam minyak cengkeh ke dalam bahan bakar maka akan diperoleh hasil pembakaran yang optimal dan sebagai konsekuensinya akan diperoleh panas pembakaran yang

lebih besar dibandingkan dengan proses pembakaran normal. Hal ini dapat menghemat penggunaan bahan bakar yang dibakar untuk menghasilkan panas pembakaran.tidak hanya itu,atom oksigen di dalam bahan bakar akan berperan untuk mengoksidasi jelaga dan gas karbon monoksida (CO) sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna (Kadarohman,2009). 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.

Berdasarkan kerangka berfikir di atas maka muncul dugaan bahwa penambahan bio-aditif minyak cengkeh mempengaruhi kualitas bahan bakar, viskosyti, reid vapor,menambah kandungan oksigen internal dalam bahan bakar. sehingga akan terjadi peningkatan performa dan mengurangi emisi gas bekas.

C. HIPOTESIS

Hipotesis dalam penelitian ini adalah

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1. adanya pengaruh peningkatan performa sepeda motor dalam penambahan minyak cengkeh pada premium, pertamax, dan campuran premium+ pertamax.
2. adanya pengaruh pada emisi gas bekas sepeda motor dalam penambahan minyak cengkeh pada premium, pertamax, dan campuran premium + pertamax.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil simpulan bahwa:

1. Ada pengaruh penambahan Minyak Cengkeh pada premium dan pertamax berupa peningkatan daya dan torsi.
2. Ada pengaruh penambahan Minyak Cengkeh pada premium dan pertamax berupa penurunan emisi gas buang kendaraan .
3. Performa terbaik dengan daya 7.83 HP dan torsi 18.38 Nm pada (premium dengan pertamax+minyak cengkeh 0.5%).
4. Emisi terbaik dengan hasil CO sebesar 0.14 %, dan emisi CO_2 sebesar 3.71 % pada premium+minyak cengkeh 1%, dan HC sebesar 73.33 ppm pada premium murni.

B. SARAN

1. Apabila ingin menambahkan bioaditif minyak cengkeh kedalam bahan bakar premium,pertamax maupun campuran premium dengan pertamax sebaiknya 0.5%.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan mesin multisilinder.
3. Perlu dilakunan penelitian apakah minyak cengkeh bersifat korosif terhadap komponen dalam mesin.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR PUSTAKA

Agusta, A.2000.*MinyakAtsiri Tumbuhan Tropika Indonesi*a.Bandung:InstitutTeknologi Bandung

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.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALLITRO). Atsiri, Prospektif Penghemat BBM Nasional.http://perkebunan.litbang.pertanian.go.id/?p=5060. Diakses pada tanggal 18 september 2015 pukul 06.22 WIB.

Endyani, Indah Dwi dan Toni Dwi Putra. 2011. Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *PROTON*. Vol. 3. No. 1: 29-34

Fardiaz, Srikandi.1992.*Polusi Air & Udara*.Yogyakarta.Kanisius

Firdaus, Muhammad. Teknik Pembakaran dan Bahan.http://Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar _ muhammadyusuffirdaus's Blog.html. Diakses tanggal 26 february 2016 pukul 09.51 WIB

Gupta, H.N. 2009. *Fundamentals of Internal Combustion Engines*. New Delhi: Rajkarnal Electric Press.

Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.

Jama, Jalius dan Wagino. 2008.*Teknik Sepeda Motor Jilid 1untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.

Kadarohman, Asep. 2009.Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. *Jurnal Pengajaran MIPA.* 14:2.

Kusuma, I Gusti bagus Wijaya. 2001. *Alat Penurun Emisi Gas Buang pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran tak Bergerak*.jurnalMakara, Teknologi. 3:95-101

Ma'mun,Sriyadi,S. Suhirman,H. Mulyana,D. Suyatno dan D. Kustiwa.2010.*Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Untuk Penghematan Bahan Bakar Minyak*.Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2010 Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.

Mulyono, Sugeng, Gunawan, Budha Maryanti. Tanpa Tahun. *Pengaruh Penggunaan dan Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar premium dan Pertamax terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin*. *Jurnal Teknologi Terpadu* Volume 2 Nomor 1 Hal 28- 35.

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.

Raharjo,Winarno D dan Karnowo.2008.*Mesin Konversi Energi*.Semarang.Unnes Press.

Sastrohamidjojo,H. 2004. *Kimia Minyak Atsiri.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Silaban,Mawardi.2012.*Pengaruh Penambahan Bio-Aditif Pada Premium Terhadap Kinerja Motor Bakar*.JITE Vol.1 No.14EdisiFebruari 2012:15-26

Solikin, Moch. 1997. Dampak dan Upaya Mengendali Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Cakrawala Pendidikan.* Tahun XVI. Nomor 3: 151-163.

Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV. Alfabeta.

Suharto. 2010.*Limbah kimia dalam pencemaran udara dan air*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET

Suyanto, Wardan. 1989. *Teori Motor Bakar Bensin.* Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.

Supraptono. 2004. *Bahan Bakar dan Pelumasan*.Semarang. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.

SK Dirjen Migas No.3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

SK Dirjen Migas No. 5312/14/DJM.T/2008 tanggal 31 Maret 2008

Toyota Astra Motor. 2003. *Training Manual NewStep 1*. Jakarta: PT Toyota Astra Motor.