

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN BERBAGAI JENIS BAHAN
BAKAR TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA
SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**

SKRIPSI

*Di Ajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Strata Satu
Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



**Oleh:
AGUS SUPRIYANTO
NIM/BP: 55682/2010**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

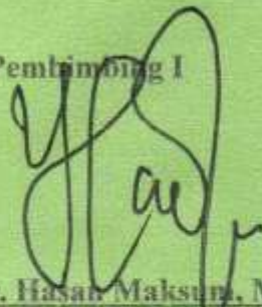
**PERBANDINGAN PENGGUNAAN BERBAGAI JENIS BAHAN
BAKAR TERHADAP EMISI GAS BUANG PADA
SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH**

Nama : AGUS SUPRIYANTO
NIM/BP : 55682/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 28 Agustus 2017

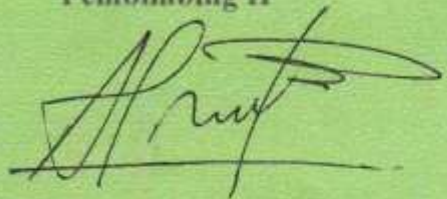
Disetujui Oleh,

Pembimbing I



Dr. Hasan Maksun, MT
NIP. 19660817 199103 1 007

Pembimbing II



Dwi Sudarno Putra, ST, MT
NIP. 19820625 200812 1 003

Diketahui Oleh:
Ketua Jurusan Teknik Otomotif



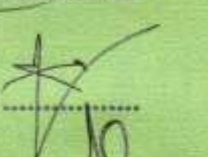
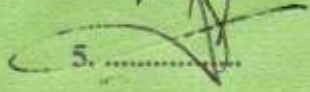
Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Perbandingan Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah
Nama : Agus Supriyanto
Nim / BP : 55682 / 2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 29 September 2017

Tim Penguji	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Hasan Maksum, MT	1. 
2. Sekretaris	: Dwi Sudarno Putra, S.T, M.T	2. 
3. Anggota	: Drs. Martias, M.Pd	3. 
4. Anggota	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	4. 
5. Anggota	: Wagino, S.Pd, M.Pd.T	5. 



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7055922 FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Agus Supriyanto**
NIM/TM : 55682/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **“Perbandingan Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Langkah”** adalah Benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat, maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, September 2017

Saya yang menyatakan,



Agus Supriyanto

NIM/TM. 55682/2010

ABSTRAK

Agus Supriyanto (2017) : Perbandingan Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor 4 Langkah.

Peningkatan kendaraan bermotor mengakibatkan terjadinya peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak dan polusi udara akibat emisi gas buang kendaraan, sehingga dilakukan berbagai upaya untuk meminimalisir kandungan emisi gas buang kendaraan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah terjadinya proses pembakaran yang mendekati sempurna melalui penggunaan berbagai jenis bahan bakar. Berdasarkan gejala tersebut dirumuskan sebuah permasalahan bagaimana perbandingan penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2012 dengan metode penelitian eksperimen. Proses pengujian kandungan emisi gas buang khususnya CO dan HC dilakukan pada putaran 1500 RPM, 3000 RPM, 4500 RPM, dengan menggunakan bahan bakar Premium, Pertalite, dan Pertamina Turbo sebagai sampelnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan berbagai jenis bahan bakar pada sepeda motor Yamaha Vixion 2012 dengan menggunakan bahan bakar Pertamina 92 menghasilkan rata-rata CO dan HC setiap tingkatan putaran sebesar 0,17 % dan 6,78 Ppm dan setelah diberi perlakuan dengan mengganti bahan bakar Premium, Pertalite, dan Pertamina Turbo didapatkan rata-rata karbon monoksida yang dihasilkan masing-masing bahan bakar uji setiap tingkatan putaran adalah 0,27 (%), 0,18 (%), dan 0,14 (%) dan rata-rata hidrokarbon yang dihasilkan masing-masing bahan bakar uji setiap putaran adalah 10,33 Ppm, 3,56 Ppm, dan 6,67 Ppm. Berdasarkan analisa data karbon monoksida dan hidrokarbon pada sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2012 menggunakan bahan bakar Premium terjadi peningkatan CO sebesar 58,8 % dan HC sebesar 52,4 %, bahan bakar Pertalite terjadi peningkatan CO sebesar 5,9 % dan HC terjadi penurunan sebesar 47,5 %, dan bahan bakar Pertamina Turbo terjadi penurunan CO sebesar 17,6 % dan HC sebesar 1,6 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan bakar uji terbaik adalah bahan bakar Pertamina Turbo, karena terjadi penurunan CO dan HC disetiap putaran mesin.

Kata Kunci : Bahan Bakar, Emisi Gas Buang.

KATA PENGANTAR

Innalhamdalillah, penulis bersyukur kepada Allah SWT karena atas kuasa dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul **“Perbandingan Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Bakar Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 langkah”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Shalawat beriringkan salam senantiasa tercurahkan kepada nabi besar Muhammad SAW.

Tersusunnya skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Hasan Maksum, M.T selaku Dosen pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik yang membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dwi Sudarno Putra, ST., MT., selaku Dosen pembimbing II yang membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini.

5. Seluruh Dosen, Staf, dan Teknisi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua dan keluarga besar, yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik moral dan materil dalam penulisan skripsi ini.
7. Seluruh sahabat rekan-rekan mahasiswa/i Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dan teman-teman kost yang tidak pernah bosan dalam memberi semangat, dukungan, bertukar pikiran dan memberikan motivasi kepada penulis.

Semoga dorongan, bantuan, serta do'a yang telah diberikan kepada penulis mendapat pahala dan balasan dari Allah SWT. Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin Ya Rabbal'alam.

Padang, 16 Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
 BAB II KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	7
1. Bahan Bakar.....	7
2. Proses Pembakaran.....	18
3. Emisi Gas Buang.....	23
4. Hubungan Antar Variabel	34
B. Penelitian yang Relevan.....	35
C. Kerangka Koseptual.....	36

D. Hipotesis Penelitian	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Desain Penelitian	38
B. Defenisi Operasional dan Variabel Penelitian	39
C. Objek Penelitian.....	41
D. Jenis Dan Sumber Data	42
E. Instrumen Penelitian	42
F. Prosedur Penelitian	43
G. Teknik Pengambilan Data.....	44
H. Teknik Analisis Data.....	45
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	47
B. Analisa Data Emisi Gas Buang	49
C. Pembahasan	61
D. Keterbatasan Penelitian	65
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	67
B. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Populasi kendaraan bermotor di Indonesia tahun 2010 – 2014.....	2
2. Spesifikasi Premium	11
3. Spesifikasi Peralite	13
4. Spesifikasi Pertamina.....	15
5. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Tipe L	24
6. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia	26
7. Pola penelitian <i>The Posttest Only Control Design</i>	38
8. Spesifikasi Objek Penelitian Sepeda Motor Yamaha Vixion tahun 2012 ...	41
9. Teknik Pengambilan Data Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang HC Dan CO Pada Sepeda Motor Menggunakan Berbagai Jenis Bahan Bakar Bensin.....	44
10. Data Hasil Pengujian Kandungan Emisi Gas Buang HC Dan CO Sepeda Motor Menggunakan Berbagai Jenis Bahan Bakar	47
11. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamina 92 dan Premium	51
12. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamina 92 dan Premium	51
13. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamina 92 dan Peralite	52

14. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamax 92 dan Peralite	53
15. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamax 92 dan Pertamax Turbo	54
16. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamax 92 dan Pertamax Turbo	54
17. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamax 92 dan Premium	57
18. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamax 92 dan Premium	57
19. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamax 92 dan Peralite	58
20. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamax 92 dan Peralite	59
21. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Uji t Antara Pertamax 92 dan Pertamax Turbo	60
22. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Persentase Antara Pertamax 92 dan Pertamax Turbo	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Premium.....	10
2. Pertalite	12
3. Pertamax	14
4. Pertamax Turbo.....	17
5. Spesifikasi Pertamax Turbo	17
6. Pembakaran Sempurna.....	19
7. Detonasi	22
8. <i>Pre ignition</i>	23
9. Kerangka Koseptual.....	36
10. Grafik perbandingan kandungan emisi gas buang CO berbagai jenis bahan bakar	48
11. Grafik perbandingan kandungan emisi gas buang CO berbagai jenis bahan bakar	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian dari Fakultas	72
2. Surat Izin Penelitian dari Jurusan	73
3. Surat Permohonan Menggunakan Peralatan <i>Workshop</i>	74
4. Surat Bukti Penelitian	75
5. Scan Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Menggunakan <i>Four Gas Analyzer</i>	76
6. Analisis Standar Deviasi	80
7. Analisa Data dengan Uji t	91
8. Analisis Presentase Peningkatan dan Penurunan Emisi Gas Buang	115
9. Tabel Distribusi	121
10. Foto Dokumentasi Penelitian	122

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu dari sekian banyak negara di dunia yang sedang mengalami perkembangan, tidak hanya dari segi ekonomi dan sosial akan tetapi dari segi teknologi dan industri serta kesejahteraan masyarakatnya. Perkembangan kesejahteraan masyarakat tidak hanya terjadi di kota besar saja, melainkan juga terjadi dipedesaan. Meningkatnya kesejahteraan masyarakat tersebut, maka terjadi peningkatan sarana transportasi sebagai mobilitas masyarakat dalam beraktivitas sehari-hari. Dibidang otomotif, peningkatan ini terlihat dengan diproduksi berbagai varian mobil dan sepeda motor dari sejumlah produsen. Para produsen kendaraan berlomba-lomba menampilkan mobil dan sepeda motor baru dengan berbagai keunggulan baik dari segi disain maupun keunggulan teknologinya. Hal inilah yang menyebabkan meningkatnya populasi kendaraan di Indonesia.

Menurut data Korps.Lantas Polri, “pada tahun 2014 jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai 93 juta unit” yang telah mengalami peningkatan 11% dari tahun sebelumnya dengan jumlah sepeda motor sebanyak 85 juta unit. Meningkatnya jumlah sepeda motor di Indonesia disebabkan karena sepeda motor merupakan alat transportasi yang efektif dan efisien untuk masyarakat Indonesia. Sepeda motor merupakan kendaraan bermotor yang mudah dalam pengoperasiannya, dapat digunakan di berbagai medan jalan dan harganya juga terjangkau untuk dimiliki masyarakat terutama masyarakat

kalangan menengah bawah. “Sepeda motor masih menjadi andalan utama dan paling terjangkau bagi mayoritas masyarakat Indonesia”, tegas Gunadi Sinduwinata, ketua umum Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI), dikutip dari Korp.Lantas Polri.

Table 1. Populasi kendaraan bermotor di Indonesia tahun 2010 – 2014.

Jenis Kendaraan Bermotor	Tahun				
	2010	2011	2012	2013	2014
Mobil Penumpang	8.891.041	9.548.866	10.432.259	11.484.514	12.599.138
Mobil Bus	2.250.109	2.254.406	2.273.821	2.286.309	2.398.846
Mobil Barang	4.687.789	4.958.738	5.286.061	5.615.494	6.235.136
Sepeda Motor	61.078.188	68.839.341	76.381.183	84.732.652	92.976.240
Jumlah	76.907.127	85.601.351	94.373.324	104.118.969	114.209.266

Sumber : *data.go.id*

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor terutama pada jenis sepeda motor akan berdampak pada peningkatan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM). Sehubungan dengan meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak, hal ini akan menyebabkan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak *import*. Berdasarkan data yang diperoleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2013: 44) pada periode tahun 2011-2030 diperkirakan kebutuhan minyak dalam negeri akan meningkat hampir dua kali lipat dari 327 juta barel pada tahun 2011 menjadi 578 juta barel pada tahun 2030, tetapi tidak demikian dengan produksi minyak. Produksi minyak selama periode tersebut menurun lebih dari 60% dari 329 juta barel menjadi 124 juta barel. Untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat tersebut pemerintah harus melakukan *import* minyak hampir empat kali lipat dari 134 juta barel menjadi 532 juta barel.

Di Indonesia, saat ini tersedia beberapa jenis bahan bakar bensin, yaitu Premium memiliki oktan RON (*Research Octane Number*) 88, Pertalite (RON 90), Pertamax (RON 92) & Pertamax Turbo (RON 98). Dari beberapa bahan bakar tersebut Pertalite dan Pertamax Turbo merupakan varian bahan bakar baru yang dikeluarkan Pertamina belum lama ini. Dimana bahan bakar baru ini untuk menjawab kebutuhan masyarakat akan BBM untuk kendaraan yang sesuai dengan perbandingan kompresinya.

Pemilihan BBM yang tepat untuk kendaraan kita adalah dengan penggunaan angka oktan yang harus disesuaikan dengan tekanan kompresi kendaraan kita. Semakin tinggi kompresinya maka sebaiknya menggunakan BBM berangka oktan tinggi. Jadi, untuk kendaraan berkompresi dibawah 9:1 masih dapat menggunakan premium namun untuk kendaraan dengan kompresi 9,1:1 sampai 10:1 sebaiknya menggunakan pertalite atau sejenisnya dan kendaraan dengan kompresi 10,1:1 keatas sebaiknya menggunakan petamax atau sejenisnya.

Semakin meningkatnya tingkat pemakaian kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil dapat berakibat pada peningkatan pencemaran lingkungan hidup. Menurut UU No. 32 tahun 2009, “pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain kedalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”.

Menurut data Kementrian Lingkungan Hidup (2013), yang menyebutkan bahwa “70% pencemaran udara di kota-kota besar disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor”. Dari penjelasan tersebut dapat diartikan bahwa pencemaran udara banyak disebabkan oleh kendaraan bermotor daripada yang disebabkan oleh industri pabrik dan industri rumah tangga. Emisi gas buang pada kendaraan bermotor menghasilkan berbagai macam gas. Gas sisa pembakaran tersebut ada yang beracun dan ada juga yang tidak beracun. Gas buang mengandung unsur-unsur CO, NO_x, HC, C, H₂, CO₂, H₂O dan N₂. Gas yang tidak beracun adalah N₂ (nitrogen), CO₂ (karbon dioksida), dan H₂O (uap air). Sedangkan gas yang beracun adalah CO (karbon monoksida), HC (hidrokarbon) dan NO_x (Nitrogen Oksida).

Berdasarkan uraian di atas dan masalah tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, terdapat beberapa permasalahan yaitu:

1. Meningkatnya jumlah kendaraan sepeda motor berdampak pada penggunaan bahan bakar premium yang melebihi batas.
2. Kurangnya pengetahuan pengguna kendaraan tentang dampak penggunaan bahan bakar yang tidak sesuai dengan rasio kompresi kendaraannya.

3. Pencampuran udara dan bahan bakar yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor akan menghasilkan emisi gas buang yang sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia.
4. Kendaraan bermotor adalah salah satu sumber pencemar udara.

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan dapat mengarah tepat pada sasaran dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka penelitian ini dibatasi hanya pada perbandingan penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) pada sepeda motor 4 langkah.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah, bagaimanakah perbandingan penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengungkapkan sebagai berikut:

1. Menganalisa penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang Karbon Monoksida (CO).
2. Menganalisa penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang Hidrokarbon (HC).

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, digunakan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan perkuliahan untuk mendapatkan gelar strata satu (S1) Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
2. Bagi mahasiswa, dapat digunakan sebagai masukan atau referensi untuk proyek penelitian selanjutnya.
3. Bagi masyarakat, dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar fosil secara efektif dan efisien.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

1. Bahan Bakar Bensin

Bahan bakar (*fuel*) adalah sesuatu yang dapat terbakar, dan dapat menghasilkan panas untuk dijadikan sumber tenaga. Dalam hal ini bahan bakar memiliki beberapa bentuk diantaranya adalah berwujud gas, cair dan padat (Surbhakty 1978 : 33). Bensin adalah satu jenis bahan bakar minyak yang digunakan untuk bahan bakar mesin kendaraan bermotor yang pada umumnya adalah jenis sepeda motor dan mobil. Bahan bakar bensin yang dipakai untuk motor bensin adalah jenis *gasoline* atau *petrol*. Untuk melakukan pembakaran diperlukan 3 (tiga) unsur, yaitu:

- a. Bahan bakar.
- b. Udara.
- c. Suhu untuk memulai pembakaran.

Menurut Jalius, dkk (2008: 246) mengatakan, “Bahan bakar bensin merupakan persenyawaan *Hydrokarbon* yang diolah dari minyak bumi. Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas; yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan kecepatan penguapan (*volatility*) yang mengukur seberapa mudah menguap pada suhu rendah. Dua hal tadi perlu dipertimbangkan karena semakin naik nilai kalor, *volatility*-nya akan turun yang menyebabkan bensin susah terbakar”.

Bensin pada umumnya merupakan suatu campuran dari hasil pengilangan yang mengandung *parafin*, *naphthene* dan *aromatic* dengan perbandingan yang bervariasi. Kriteria utama yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena dapat menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

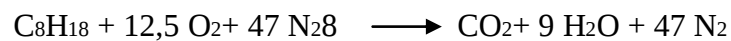
Berdasarkan teori diatas maka penulis dapat menyimpulkan bahwa bahan bakar bensin merupakan persenyawaan hidrokarbon yang diolah dari minyak bumi berwujud cair yang dapat terbakar dan dapat menghasilkan panas yang dijadikan sumber tenaga. Sekarang ini tersedia empat jenis bensin, yaitu *Premium*, *Pertalite*, *Pertamax* dan *Pertamax turbo*. Keempatnya mempunyai mutu atau perilaku (*performance*) yang berbeda. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktana (*Octane Number*).

a. Premium

Premium atau sering kita sebut bensin merupakan salah satu hasil dari penyulingan (destilasi) dari minyak bumi. Bensin merupakan bahan bakar untuk motor bakar jenis SI (*Spark Ignition*), yaitu mesin yang proses penyalanyaannya menggunakan percikan api dari busi. Premium

yang dipasarkan adalah bensin yang ditambah dengan zat aditif. Zat aditif tersebut antara lain adalah TEL (*Tetra Ethyl Lead* / $(C_2H_5)_4Pb$) atau TML (*Tetra Methyl Lead* / $(CH_3)_4Pb$).

Aditif ini berfungsi sebagai zat anti *knocking* karena dengan penambahan zat ini angka oktan meningkat, semula berkisar antara 75 sampai 78, menjadi 86 sampai 89. TEL larut dalam bensin dan mendidih pada temperatur 2000 °C, serta mempunyai berat sekitar 1,7 kg/liter. Kandungan utama dari TEL adalah timbal yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Reaksi pembakaran premium adalah :



Sifat yang dimiliki bensin antara lain : Mudah menguap pada temperatur normal, Tidak berwarna, tembus pandang dan berbau, Titik nyala rendah (-10° sampai -15°C), Berat jenis rendah (0,60 s/d 0,78), Dapat melarutkan oli dan karet, Menghasilkan jumlah panas yang besar (9,500 s/d 10,500 kcal/kg), dan Setelah di bakar sedikit meninggalkan karbon (Suprpto, 2004:19).

Menurut Haryono (1997:74) menyatakan :

“Bensin (premium, super) merupakan bahan bakar cair yang digunakan oleh kebanyakan motor-motor bensin. Bensin adalah bahan bakar cair yang mudah menguap, pada suhu 60 °C kurang lebih 35-60% sudah menguap dan akan menguap 100% kira-kira pada suhu diatas 100 °C”.

Adapun menurut pendapat Surbhakty (1978:36) menyatakan bahwa “Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih dan mempunyai nilai oktan 88. Bensin premium

mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin dengan batas kompresi hingga 9,0 : 1 pada semua jenis kondisi, namun tidak baik jika digunakan pada motor bensin dengan kompresi tinggi karena dapat menyebabkan *knocking*".

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Premium (Bensin) merupakan bahan bakar cair yang banyak digunakan pada mesin bensin yang berwarna jernih kekuningan dan mempunyai angka oktan 88 serta mudah menguap pada temperatur normal.



Gambar 1. Premium
Sumber : Dokumentasi

Tabel 2. Spesifikasi Premium

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka oktan	RON	88,0	-
2	Tekanan Uap	KPa	-	62
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
4	Berat jenis pada 15°C	kg/m ³	715	780
5	Distilasi:			
	a.10% vol. Penguapan	°C	-	74
	b.50% vol. Penguapan	°C	88	125
	c.90% vol. Penguapan	°C	-	180
	d.Titik didih akhir	°C	-	215
	e.Residu	% vol	-	2,0
	f.Induction Periode	Menit	360	-
	g.Kandungan Timbal	g/l	-	0,013
	h.Washed Gum	Mg/100 ml	-	5
6	Korosi bilah tembaga	Merit	Kelas I	
7	Uji Doctor		Negative	
8	Sulfur Mercaptan	% wt	-	0,002
9	Penampilan visual		Jernih dan terang	
10	Warna		Kuning	
11	Kandungan pewarna		0,13	
12	Bau		Dapat disarankan	

Sumber : Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi.

b. Pertalite

Pertalite adalah bahan bakar minyak dari Pertamina dengan RON 90. Pertalite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak, diluncurkan tanggal 24 Juli 2015 sebagai varian baru bagi konsumen yang ingin BBM dengan kualitas diatas Premium tetapi lebih murah dari pada Pertamax. Pertalite diuji

coba di 101 SPBU yang tersebar pada sekitar kota Jakarta, Bandung, dan Surabaya. Pertalite memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium.

Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan Premium yang memiliki RON 88. Sehingga sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua, hingga kendaraan *multi purpose vehicle* ukuran menengah. Komposisi bahan untuk membuat Pertalite adalah heptana 10% dan oktana 90% selain itu juga ditambahkan zat aditif *EcoSAVE*. Zat aditif *EcoSAVE* ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi pembakaran lebih bersih, ramah lingkungan, dan lebih hemat.



Gambar 2. Pertalite
Sumber : Dokumentasi

Tabel 3. Spesifikasi Pertalite

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)	RON	90,0	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m		0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	Dilaporkan (injeksi timbal tidak diijinkan)	
5	Kandungan Logam (mangan (Mn), Besi (Fe))	mg/l	Tidak terdeteksi	
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7
7	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
8	Kandungan Aromatic	% v/v		
9	Kandungan Benzena	% v/v		
10	Distilasi :			
	10% vol. penguapan	°C	-	74
	50% vol. penguapan	°C	88	125
	90% vol. penguapan	°C	-	180
	Titik didih akhir	°C	-	215
	Residu	% vol	-	2,0
11	Sedimen	mg/l		1
12	Unwashed gum	mg/100 ml		70
13	Washed gum	mg/100 ml	-	5
14	Tekanan Uap	kPa	45	60
15	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	kg/m ³	715	770
16	Korosi bilah Tembaga	merit	Kelas 1	
17	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002
18	Penampilan Visual		Jernih & Terang	
19	Warna		Hijau	
20	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13

Sumber: Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi.

c. Pertamina 92

Pertamax adalah bahan bakar motor *gasoline* tanpa timbal dengan kandungan aditif lengkap generasi mutakhir yang dapat membersihkan *Intake Valve Port Fuel Injector* dan ruang bakar dari karbon deposit.

Pertamax merupakan jenis bahan bakar dengan angka oktan 92. Pertamax dianjurkan digunakan untuk kendaraan bahan bakar bensin yang mempunyai perbandingan kompresi tinggi (10,1 :1 sampai 11 :1). Bensin dengan bilangan oktana tinggi mempunyai periode penundaan yang panjang (Arismunandar,2002:85).

Bahan bakar pertamax sudah tidak menggunakan campuran timbal sehingga dapat mengurangi racun gas buang kendaraan bermotor seperti nitrogen oksida karbon monoksida. Pertamax berwarna kebiruan dan memiliki kandungan maksimum sulfur (S) 0,1%, timbal (Pb) 0,013% (jenis tanpa timbal pada atau di bawah batasan deteksi dari metode uji yang digunakan. Tidak ada penambahan yang disengaja) dan Pb 0,3% (jenis dengan timbal), oksigen (O) 2,72%, pewarna 0,13 gr/100 l, titik didih 205 °C, serta massa jenis (suhu 15°C).



Gambar 3. Pertamax
Sumber : Dokumentasi

Tabel 4. Spesifikasi Pertamina

No	Karakteristik	Satuan	Batasan	
			Min	Max
1	Angka Oktan Riset (RON)		91.0	-
2	Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-
3	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05
4	Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0.013
5	Kandungan Logam (mangan (Mn), Besi (Fe))	mg/l	-	-
6	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2.7
7	Kandungan Olefin	% v/v	-	-
8	Kandungan Aromatic	% v/v	-	50.0
9	Kandungan Benzena	% v/v	-	5.0
10	Distilasi :			
	10% vol. penguapan	°C	-	70
	50% vol. penguapan	°C	77	110
	90% vol. penguapan	°C	130	180
	Titik didih akhir	°C	-	215
	Residu	% vol	-	2.0
11	Sedimen	mg/l		1
12	Unwashed gum	mg/100 ml		70
13	Washed gum	mg/100 ml	-	5
14	Tekanan Uap	kPa	45	60
15	Berat jenis (pada suhu 15 oC)	kg/m ³	715	770
16	Korosi bilah Tembaga	merit	Kelas 1	
17	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0.002
18	Penampilan Visual		Jernih & Terang	
19	Warna		Biru	
20	Kandungan Pewarna	gr/100 l	-	0,13

Sumber : Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi.

d. Pertamina Turbo

Pertamax Turbo merupakan bahan bakar terbaru yang dikeluarkan Pertamina untuk kendaraan bermesin bensin. Pertamina Turbo merupakan hasil pengembangan dari produk Pertamina Plus dan memiliki angka oktan 98 serta dilengkapi *Ignition Boost Formula* (IBF). Pertamina Turbo dirilis di Indonesia pada 11 Agustus 2016 yang sebelumnya telah diuji coba untuk penggunaan dalam ajang balap Lamborghini Blancpain Supertrofeo European pada awal Januari 2016, di Sirkuit Vallelunga, Italia. Keberhasilan tersebut diikuti dengan kerja sama antara Pertamina dan Centro Petroli Roma (CPR) selaku mitra Lamborghini dalam pendistribusian bahan bakar Pertamina Turbo ke sirkuit-sirkuit di seluruh Eropa. Hingga saat ini Pertamina Turbo sudah digunakan di 4 balapan yakni di Monza - Italia, Silverstone – UK, Paul Ricard - Perancis, dan Spa Francorchamps - Belgia.

Pertamax Turbo memiliki keunggulan dilengkapi Ignition Boost Formula (IBF), mesin menjadi lebih dingin, irit bahan bakar (efisiensi), keawetan mesin, meningkatkan performa mesin, ramah lingkungan, akselerasi mesin menjadi lebih bagus karena torsi yang dihasilkan lebih tinggi, meningkatkan kecepatan maksimal (*top speed*) kendaraan, meningkatkan tenaga mesin kendaraan dan menyempurnakan pembakaran bahan bakar pada mesin, sehingga cocok digunakan bagi kendaraan dengan perbandingan kompresi lebih dari 12:1. Dengan kualitas lebih baik dibandingkan Pertamina Plus, Pertamina Turbo

diharapkan menjadi jawaban bagi konsumen yang ingin mendapatkan bahan bakar dengan akselerasi yang lebih cepat.



Gambar 4. Pertamax Turbo
Sumber : www.oriharayuzuru.net

Typical Properties of Pertamax Turbo Fuel

Parameter	Method	Unit	Test Result PERTAMAX TURBO	Limitation	
				Min.	Max.
Appearance	Visual	-	Clear & Bright Red	-	-
RON	ASTM D 2699	-	98.7	98	-
Density	EN ISO 12185	-	720-785	720	785
Sulfur	ASTM D 4294	%m/m	0.02	-	0.05
Oxidation Stability	ASTM D 525	min	1620	480	-
Olefin	ASTM D 6730	%v/v	28.8	-	*)
Aromatics	ASTM D 6730	%v/v	4.5	-	40
Benzene	ASTM D 6730	%v/v	0.5	-	5
Distillation	ASTM D 86				
• 10% Evaporation Vol.		°C	60	-	70
• 50% Evaporation Vol.		°C	108.5	77	770
• 90% Evaporation Vol.		°C	163.5	130	180
• Residue		%v/v	1	-	2

Gambar 5. spesifikasi Pertamax Turbo
Sumber : www.oriharayuzuru.net

2. Proses Pembakaran

Daryanto (2003:1) menyebutkan :

“Pembakara adalah proses kimia dimana zat arang dan zat air bergabung dengan zat asam dalam udara, jika pembakaran berlangsung maka diperlukan:

- Bahan bakar dan udara dimasukan kedalam motor
- Bahan bakar dipanaskan sehingga suhu nyala”.

Wardan (1989 : 248) menyatakan “Pembakaran didalam motor adalah hal yang sangat menentukan besarnya tenaga yang dihasilkan motor dengan masuknya sejumlah campuran bahan bakar dan udara kedalam silinder dari motor tersebut”. Jalius dan Wagino (2008: 60) menyebutkan, “Pembakaran merupakan proses oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya”.

Pembakaran didalam silinder merupakan reaksi kimia antara unsur hidrokarbon dengan oksigen, yang diikuti dengan timbulnya panas. Panas yang dilepaskan selama proses pembakaran inilah yang digunakan oleh motor untuk menghasilkan tenaga. Proses pembakaran disini adalah proses secara fisik yang terjadi didalam silinder selama pembakaran terjadi. Toyota Step 2 (1972:2-2), menyebutkan, “Ada dua kemungkinan yang terjadi pada pembakaran motor bensin yaitu, pembakaran sempurna (normal), dan pembakaran tidak sempurna”.

Dari kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pembakaran merupakan proses kimia antara campuran bahan bakar dengan udara yang masuk silinder dalam motor dan dipanaskan sehingga suhu nyala. Bahan bakar didalam silinder yang sudah bercampur dengan udara kemudian dinyalakan oleh nyala api dari busi, sehingga temperatur menjadi naik.

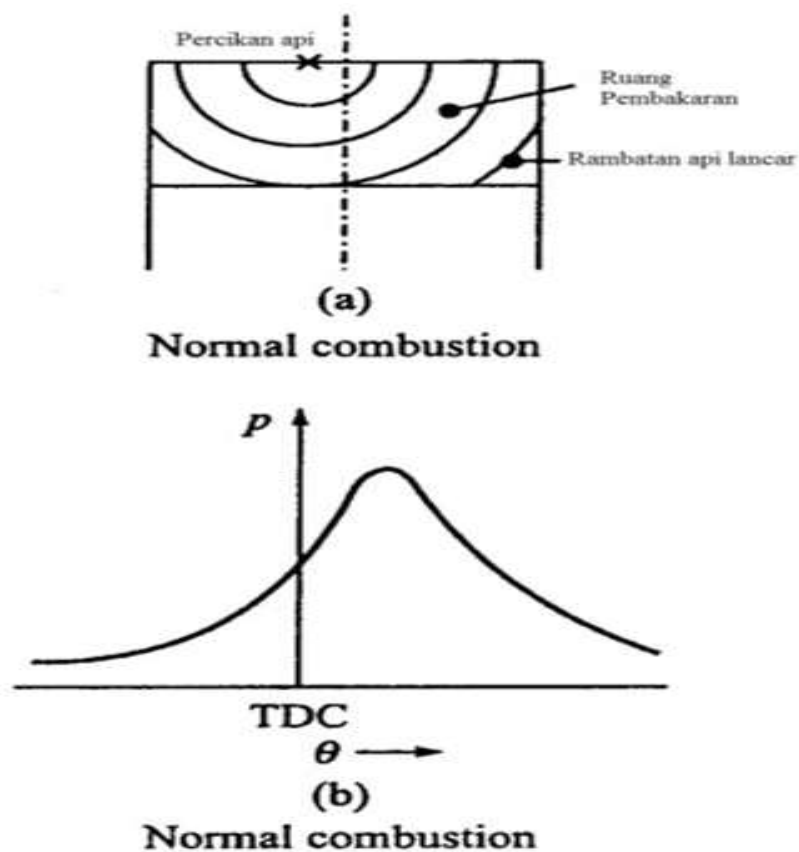
Pembakaran dapat dibedakan menjadi pembakaran sempurna (normal) dan pembakaran tidak sempurna.

a. Pembakaran Sempurna

Gupta (2009: 159) menyatakan “Pembakaran disebut normal ketika penyebaran nyala api berlanjut ke ujung dari ruang pembakaran tanpa ada perubahan secara mendadak atau secara teratur dalam bentuk dan kecepatannya”.

Dalam Toyota step 2 (1972: 2-2) menyebutkan :

“Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api pada busi. Selanjutnya api membakar bahan bakar yang berada di sekelilingnya dan terus menjalar keseluruhan bagian sampai semua partikel bahan bakar terbakar habis”.



Gambar 6. Pembakaran Sempurna Gupta (2009: 171)

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pembakaran normal dimulai dari percikan bunga api dari busi yang membakar semua campuran bahan bakar dan udara didalam ruang bakar tanpa tersisa dengan kecepatan konstan. Campuran bahan bakar dan udara sangat menentukan proses terjadinya pembakaran. Dengan jumlah oksigen yang tepat didalam silinder, maka akan dapat memungkinkan terjadinya pembakaran yang sempurna. Dengan kata lain apabila campuran bahan bakar dan udara yang masuk kedalam silinder mempunyai campuran yang sesuai antara jumlah hidrokarbon dengan jumlah oksigen dan campuran homogen maka memungkinkan terjadinya pembakaran yang normal dan sempurna.

b. Pembakaran Tidak Sempurna

Menurut Wardan (1989: 257)

“Pembakaran tidak sempurna adalah pembakaran yang terjadi di dalam silinder dimana nyala api dari pembakaran ini tidak menyebar dengan teratur dan merata sehingga menimbulkan masalah atau bahkan kerusakan pada bagian-bagian dari motor dapat terjadi akibat dari pembakaran yang tidak sempurna ini”.

Sejalan dengan itu Mathur (1980: 154) menyatakan

“The auto-ignition theory of knock assumes that the flame velocity is normal before the reaction the onset of auto-ignition, and that gas vibrations are created by a number of end-gas elements auto-igniting almost simultaneously”.
 “Pembakaran tidak sempurna terjadi akibat terbakarnya bahan bakar dengan sendiri yang tidak terkontrol dan terdengar suara pukulan–pukulan yang pelan atau keras”.

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pembakaran tidak sempurna merupakan pembakaran yang terjadi didalam silinder

dimana nyala api dari pembakaran tidak menyebar secara merata dan teratur atau bahan bakar terbakar dengan sendirinya sehingga terdengar suara pukulan – pukulan yang pelan atau keras didalam silinder. Adapun jenis pembakaran tidak sempurna yaitu detonasi (*knocking*) dan *pre-ignition*.

1) Detonasi / *Knocking*

Pada peristiwa pembakaran normal api menyebar ke seluruh bagian ruang bakar dengan kecepatan konstan, sedangkan busi dipergunakan sebagai pusat penyebarannya, dalam hal ini gas baru yang belum terbakar terdesak oleh gas yang telah terbakar sehingga tekanan dan suhu dapat mencapai keadaan hampir terbakar. Jika pada saat ini gas tadi terbakar dengan sendirinya maka akan timbul detonasi. Turns (2000: 598) menyatakan “Detonasi adalah gelombang kejutan yang dihasilkan dari energi yang dilepaskan dari proses pembakaran”.

Menurut Toyota Step 2 (1972: 2-3)

“*Knocking* merupakan suatu proses pembakaran dari campuran bahan bakar dengan udara tanpa menggunakan percikan bunga api dari busi. Melainkan terbakar dengan sendirinya yang disebabkan oleh naiknya tekanan dan temperatur yang tinggi serta sumber panas lain seperti panas akibat kompresi dan panas arang yang membara”.

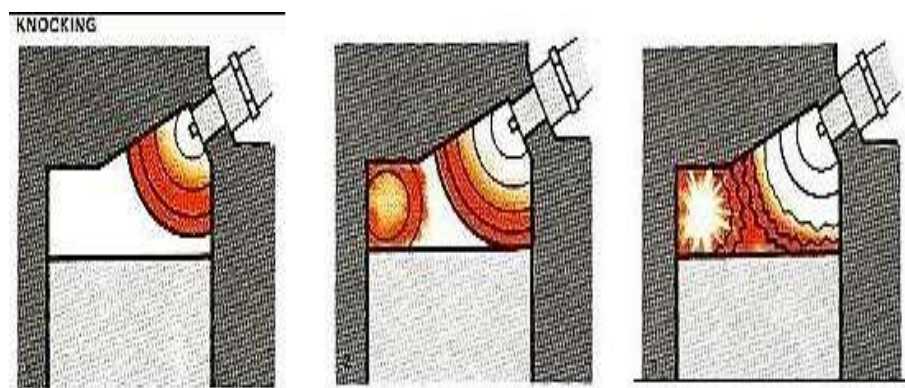
Selanjutnya Bonnick (2008: 185) menyatakan bahwa:

“Detonasi ditandai dengan bunyi ketukan dan kehilangan performa mesin. Ketukan itu muncul setelah percikan bunga api dari busi terjadi dan hal itu disebabkan oleh daerah tekanan tinggi yang muncul ketika api menyebar ke seluruh muatan dalam silinder secara tidak merata. Api menyebar ke

daerah bertekanan tinggi dan temperatur yang menyebabkan unsur untuk membakar lebih cepat dari pada ledakan muatan utama. Detonasi dipengaruhi oleh beberapa diantara faktor desain mesin seperti turbulensi, panas aliran, dan bentuk ruang pembakaran. Kualitas bahan bakar, seperti nilai oktan juga memiliki efek. Detonasi dapat menyebabkan peningkatan emisi CO, NO_x dan HC”.

Menurut Winarto (2013:27) mengemukakan bahwa : “Adanya perbedaan komposisi campuran bahan bakar dan udara menyebabkan pembakaran yang terjadi tidak teratur yang menyebabkan tekanan yang ditimbulkan dalam silinder tidak sama sehingga terjadi detonasi”.

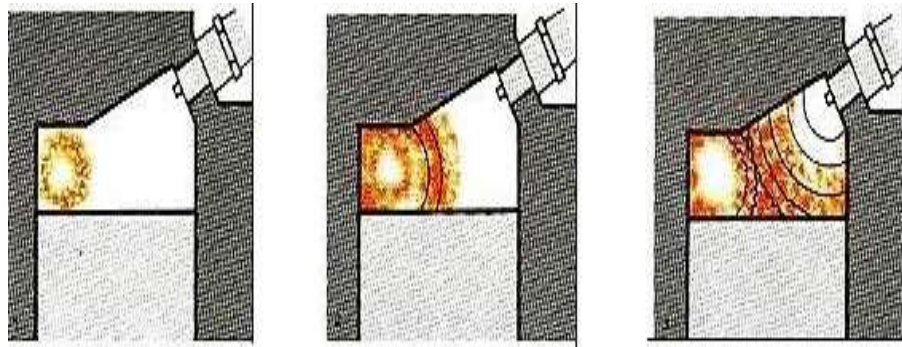
Berdasarkan teori diatas maka dapat disimpulkan bahwa detonasi (*knocking*) merupakan proses pembakakaran yang terjadi didalam silinder tanpa memerlukan percikan bunga api dari busi melainkan disebabkan oleh daerah tekanan tinggi yang muncul ketika api menyebar keseluruh muatan dalam silinder secara tidak merata. Api menyebar ke daerah bertekanan tinggi dan temperatur yang menyebabkan unsur untuk membakar lebih cepat dari pada ledakan muatan utama.



Gambar 7. Detonasi
Sumber: www.autospeed.com

2) *Pre Ignition*

Menurut Gupta (2009: 173) menyatakan bahwa “Pre-ignition adalah penyalan campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh permukaan panas di dalam ruang pembakaran sebelum terjadinya pengapian normal”. Menurut Bonnick (2008: 185-186) menyatakan “Pre-ignition ditandai dengan suara letupan yang tinggi, yang dikeluarkan saat pembakaran terjadi sebelum percikan api dari busi, disebabkan oleh daerah suhu tinggi”.



Gambar 8. *Pre ignition*
Sumber : www.autospeed.com

Berdasarkan pendapat di atas maka dapat disimpulkan bahwa pre-ignition adalah pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang terjadi akibat suhu tinggi. Hal ini disebabkan dengan adanya permukaan panas di ruang bakar sebelum adanya percikan bunga api yang berasal dari busi.

3. Emisi Gas Buang

a. Definisi Emisi Gas Buang

Bonnick (2008: 188) menyatakan bahwa “Emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran, dalam keadaan ideal, hasil dari knalpot adalah

karbon dioksida, uap air dan nitrogen, namun berkat dari berbagai kondisi mesin gas buang mengandung gas bahan lain”.

Wardan (1989: 345) menyatakan bahwa

“Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksudkan disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan”.

Kementrian Lingkungan Hidup (2006) mengatakan Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan. Habibi (2016) mengatakan bahwa “Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin pembakaran dalam dan mesin pembakaran luar, yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin”.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama menyatakan bahwa, Metode uji kandungan CO dan HC diukur pada kondisi tanpa beban (*idle*) yaitu saat putaran mesin 800 RPM sampai 1400 RPM, dan pada saat temperatur mesin normal (60°C sampai dengan 70°C), dengan ambang batas emisi gas buang untuk kendaraan bermotor tipe L (sepeda motor) sebagai berikut:

Tabel 5. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Tipe L

No.	Kategori			Tahun Pembuatan	Parameter	
					CO (%)	HC (ppm)
1.	Sepeda Langkah	Motor	2	<2010	4,5	12000
2.	Sepeda Langkah	Motor	4	<2010	5,5	2400

No.	Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter	
			CO (%)	HC (ppm)
3.	Sepeda Motor (2 Langkah dan 4 Langkah)	≥2010	4,5	2000

Sumber: Permen LH No.5 th 2006

Dari pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa emisi gas buang adalah polutan yang mengotori udara yang bersumber dari hasil pembakaran kendaraan bermotor yang dipengaruhi oleh berbagai kondisi mesin seperti CO, NO_x, HC, SO₂, dan Polutan lainnya.

b. Unsur-Unsur Yang Terkandung Dalam Emisi Gas Buang

1) Karbon Monoksida

Menurut Wardan (1989: 345) mengatakan “Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan”.

Wardhana (2004: 41) menyatakan bahwa

“Karbon monoksida atau CO adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu di bawah -192⁰C dan gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan”.

Menurut Srikandi (1992: 94) mengemukakan bahwa “Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu diatas 192⁰C”. Adapun menurut Marthur (1980: 620), menyatakan “karbon monoksida merupakan hasil dari pembakaran yang tidak lengkap karena jumlah udara yang tidak cukup pada campuran bahan bakar dan udara atau tidak cukupnya waktu pada

siklus untuk menyelesaikan pembakaran”. Sejalan dengan itu Ningrat (2016:61) menyatakan “Karbon monoksida (CO), tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara)”.

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa karbon monoksida (CO) merupakan gas yang berasal dari pembakaran antara campuran bahan bakar dengan udara yang tidak terbakar semuanya dan tidak berwarna, tidak berbau, serta tidak berasa yang mencemari udara dilingkungan.

Gas CO merupakan gas yang berbahaya untuk tubuh karena daya ikat gas CO terhadap hemoglobin dalam darah atau Hb adalah 240 kali dari daya ikat CO terhadap oksigen, maka kemampuan hemoglobin mengikat oksigen berkurang. Apabila gas CO darah (HbCO) cukup tinggi maka akan mulai terjadi gejala pusing kepala (HbCO 20%), gangguan penglihatan dan konsentrasi menurun (HbCO 30%), tidak sadar atau koma (HbCO 40-50%) dan apabila berlanjut maka akan menyebabkan kematian.

Tabel 6. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
< 1.0	Tidak ada pengaruh
1.0 – 2.0	Penampilan/sikap tidak normal

Konsentrasi COHb dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
2.0 – 5.0	Pengaruhnya terhadap sistem syaraf sentral, penglihatan kabur
≥ 5.0	Perubahan fungsi jantung dan pulmonari
10.0 – 80.0	Kepala pening, mual, berkunang-kunang

Sumber: Srikandi (1992: 100)

2) Hidrokarbon (HC)

Menurut Wardan (1989: 345) “Hidrokarbon adalah emisi yang timbul karena bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama-sama gas buang menuju atmosfer”.

Menurut Wardhana (2004: 51) menyatakan bahwa

“Hidrokarbon adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan maupun padatan. Apabila ada hidrokarbon yang tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemaran udara”.

Menurut Srikandi (1992: 113) menyatakan bahwa “Hidrokarbon merupakan polutan udara primer karena dilepaskan ke udara secara langsung”. Selanjutnya Srikandi (1992:115) menyatakan bahwa, “Hidrokarbon yang diproduksi oleh manusia yang terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah, kebakaran hutan dan ladang dan sebagainya”.

Sejalan dengan itu Ningrat (2016:61) menyatakan “senyawa Hidrokarbon (HC) terjadi karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbang bersama gas buang akibat pembakaran kurang

sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa hidro karbon (HC) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang”.

Dampak pencemaran Hidrokarbon (HC) terhadap kesehatan ini dinyatakan oleh Wardhana (2004: 125) bahwa: Sebenarnya HC dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, walaupun HC juga bersifat toksik. Namun kalau HC berada di udara dalam jumlah banyak dan tercampur dengan bahan pencemar lain maka sifat toksinnya akan meningkat. Sifat toksin HC akan lebih tinggi kalau berupa bahan pencemar gas, cairan dan padatan. Hal ini karena padatan HC (partikel) dan HC cairan akan membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini disebut sebagai *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merangsang terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru.

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa hidrokarbon merupakan polutan pencemar udara primer yang dilepaskan secara langsung baik berupa gas, cairan, dan padatan. Dimana hidrokarbon berasal dari bahan bakar yang tidak sepenuhnya terbakar lalu terbawa keluar bersama gas buang kendaraan keluar bebas ke atmosfer.

c. Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang

Nugraha (2007: 698) mengatakan bahwa, banyak faktor yang mempengaruhi kandungan emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran pada motor bensin diantaranya adalah campuran bahan bakar dan udara, proses pembakaran dan kondisi mesin.

1) Campuran Udara dan Bahan Bakar

Menurut Habibi (2016) menyatakan bahwa “Bila campuran bahan bakar dan udara terlalu kaya ($\lambda < 1.00$) maka emisi gas CO dalam gas buang akan meningkat”. Sejalan dengan itu Hakam (2006) juga menyatakan “CO juga sangat ditentukan oleh kualitas campuran, homogenitas dan perbandingan udara dan bahan bakar. Kurangnya O₂ dalam campuran akan mengakibatkan karbon bereaksi tidak sempurna, sehingga terbentuk CO”.

Pulkrabek (2004) menjelaskan bahwa, “*With a rich mixture of fuel will make insufficient oxygen to react with all of the elements carbon, so it will produce exhaust emissions levels are high in the exhaust.*” Artinya dengan campuran yang kaya akan bahan bakar membuat oksigen tidak cukup untuk bereaksi dengan semua unsur karbon, sehingga akan menghasilkan kadar emisi gas buang yang tinggi di knalpot. Hal ini biasanya terjadi saat *engine* baru mulai dihidupkan (waktu pagi). Apabila campuran terlalu kurus maka gas HC juga akan meningkat secara mendadak”.

Dari beberapa kutipan diatas dapat disimpulkan apabila campuran kaya (kekurangan oksigen) maka kadar CO dan HC tinggi dan kadar NO_x rendah. Tetapi jika campuran kurus (kelebihan oksigen) maka kadar CO berkurang dan kadar NO_x tinggi serta kadar HC meningkat secara mendadak.

2) Waktu Pengapian

Pratama (2014) menyatakan bahwa

“Semakin tinggi angka oktan yang terkandung dalam bahan bakar semakin tinggi juga kemampuan bahan bakar untuk tidak segera terbakar (sulit terbakar), sehingga membutuhkan pengapian yang lebih awal supaya proses pembakaran bahan bakar dan udara bisa mendekati sempurna”.

Menurut Gusnadi (2010: 87) mengatakan, “Waktu pengapian yang tidak tepat mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga akan menyebabkan kecendrungan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi tinggi”. Selanjutnya Gusnadi (2010:89) juga mengatakan, “Perubahan timing pengapian akan mempengaruhi kandungan emisi yang dihasilkan. Untuk bahan bakar bensin, memundurkan pengapian akan berdampak pada menurunnya emisi gas buang. Ketika pengapian dimajukan, maka HC meningkat drastis”.

Berdasarkan kutipan di atas maka dapat disimpulkan bahwa waktu pengapian sangat berpengaruh terhadap emisi gas buang dimana waktu pengapian dimundurkan maka menurunnya kadar emisi gas buang. Apabila waktu pengapian dimajukan maka kandungan HC meningkat drastis.

3) Sistem Pengapian

Menurut Darmanto (1997:103) “Pada motor bensin campuran bahan bakar dan udara didalam silinder tidak akan terbakar dengan sendirinya melainkan menggunakan loncatan bunga api pada ruang bakar didalam silinder”. Selain itu, menurut Suyanto (1989: 266) menyatakan bahwa “ sistem pengapian merupakan suatu sistem yang memiliki fungsi untuk menimbulkan api membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder”. Adapun menurut Ellyanie (2011), “Emisi gas buang pada kendaraan bermotor dihasilkan oleh proses pembakaran yang terjadi tidak sempurna, baik itu karena kondisi bahan bakarnya maupun sistem pengapiannya serta akibat dari campuran udara dan bahan bakar yang terlalu kaya”.

Berdasarkan pendapat diatas maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengapian merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk membakar campuran bahan bakar dan udara didalam silinder menggunakan loncatan bunga api dari busi selain itu sistem pengapian juga berpengaruh terhadap emisi gas buang.

4) Kapasitas Mesin

Perbedaan kapasitas silinder mempengaruhi konsentrasi emisi gas buangnya. Mesin kendaraan dengan kapasitas silinder lebih besar akan mengeluarkan zat pencemar yang lebih besar. Kapasitas mesin kendaraan berkaitan erat dengan konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin, semakin banyak pula bahan bakar yang dibutuhkan

oleh kendaraan tersebut sehingga emisi yang dihasilkan semakin besar (Vera, 2005).

Berdasarkan pendapat diatas maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas mesin berpengaruh terhadap emisi gas buang dan berkaitan dengan konsumsi bahan bakar dimana kapasitas mesin semakin besar maka emisi yang dihasilkan semakin besar.

5) Jumlah Kendaraan

Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang signifikan mengakibatkan kebutuhan pemakaian bahan bakar minyak (BBM) juga semakin meningkat khususnya bahan bakar solar dan bensin (Ichsani, 2007). Penggunaan bahan bakar yang banyak tentunya menyebabkan emisi gas buang yang banyak pula. Pertambahan volume lalu lintas juga mengakibatkan bertambahnya emisi polusi udara sehingga dapat dianggap menurunkan kualitas udara (Morlok, Eka., 1995). Meskipun perkembangan teknologi terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi, namun tingkat kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang cukup tinggi dan jauhnya jarak perjalanan membuat hal tersebut tidak berguna lagi (Carbajo dan Faiz, 1994). Peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan (Hickman, 1999).

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa jumlah kendaraan berkaitan dengan peningkatan jumlah pemakaian bahan bakar fosil serta kandungan emisi gas buang yang dihasilkannya.

6) Umur Kendaraan

Tahun produksi sepeda motor yang berbeda akan berpengaruh besar. Idealnya, semakin tua umur sepeda motor maka kualitas mesinnya juga menurun. Begitu juga dengan gas buangan yang dihasilkannya, akan semakin besar. Kendaraan dengan tahun pembuatan yang lebih lama akan mengeluarkan emisi yang lebih banyak dibandingkan dengan kendaraan baru (Marlok, 1991). Umur mesin berpengaruh terhadap konsentrasi emisi CO yang dihasilkan sepeda motor. Semakin tua umur mesin sepeda motor maka konsentrasi emisi CO yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh komponen – komponen mesin (yang berperan penting dalam proses pembakaran) telah banyak mengalami proses keausan selain itu, banyak kotoran – kotoran yang menempel di saringan udara.

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa umur kendaraan berpengaruh terhadap emisi gas buang dimana komponen-komponen mesin yang berperan penting dalam proses pembakaran telah mengalami proses keausan (penurunan kualitas mesin).

7) Putaran mesin

Menurut Habibi (2016) menyatakan bahwa “Semakin rpm dinaikkan maka akan semakin menurun konsentrasi *HC* dalam gas buang dan motor yang menggunakan bahan bakar pertalite 90 dan pertamax 92 maka gas *CO* akan semakin menurun”.

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa putaran mesin berpengaruh terhadap emisi gas buang dimana rpm dinaikan dan diturunkan maka kualitas kandungan gas buang juga naik turun.

4. Hubungan Antar Variabel Penelitian

Pratama (2014) menyatakan bahwa

“Semakin tinggi angka oktan yang terkandung dalam bahan bakar semakin tinggi juga kemampuan bahan bakar untuk tidak segera terbakar (sulit terbakar), sehingga membutuhkan pengapian yang lebih awal supaya proses pembakaran bahan bakar dan udara bisa mendekati sempurna”.

Selanjutnya menurut Silaban (2011:40) menyatakan bahwa

“Angka oktan adalah angka yang menunjukkan kemampuan bertahan bahan bakar bensin terhadap ketukan. Semakin besar angka oktan ini maka semakin tahan bahan bakar terbakar oleh temperatur, sehingga terjadi *knock* akan lebih sukar, dan proses pembakaran dalam ruang bakar akan lebih sempurna sehingga dapat mempengaruhi daya motor dan emisinya untuk bensin premium angka oktannya 88, sedang pertamax 92 dan pertamax plus 95”.

Menurut Habibi (2016) menyatakan bahwa “menggunakan pertamax yang memiliki nilai oktan lebih tinggi akan mengurangi kadar hidrokarbon, semakin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar semakin kecil gas *HC* yang dihasilkan”.

Berdasarkan kutipan diatas maka dapat disimpulkan bahwa bahan bakar bensin berpengaruh terhadap emisi gas buang. Sehingga dari penjelasan diatas diduga bahwa bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi sulit terbakar dan dapat mengurangi kadar hidrokarbon. Penggunaan bahan bakar bensin dengan oktan tinggi disesuaikan dengan perbandingan kompresi mesin yang dapat mempengaruhi emisi gas buang kendaraan.

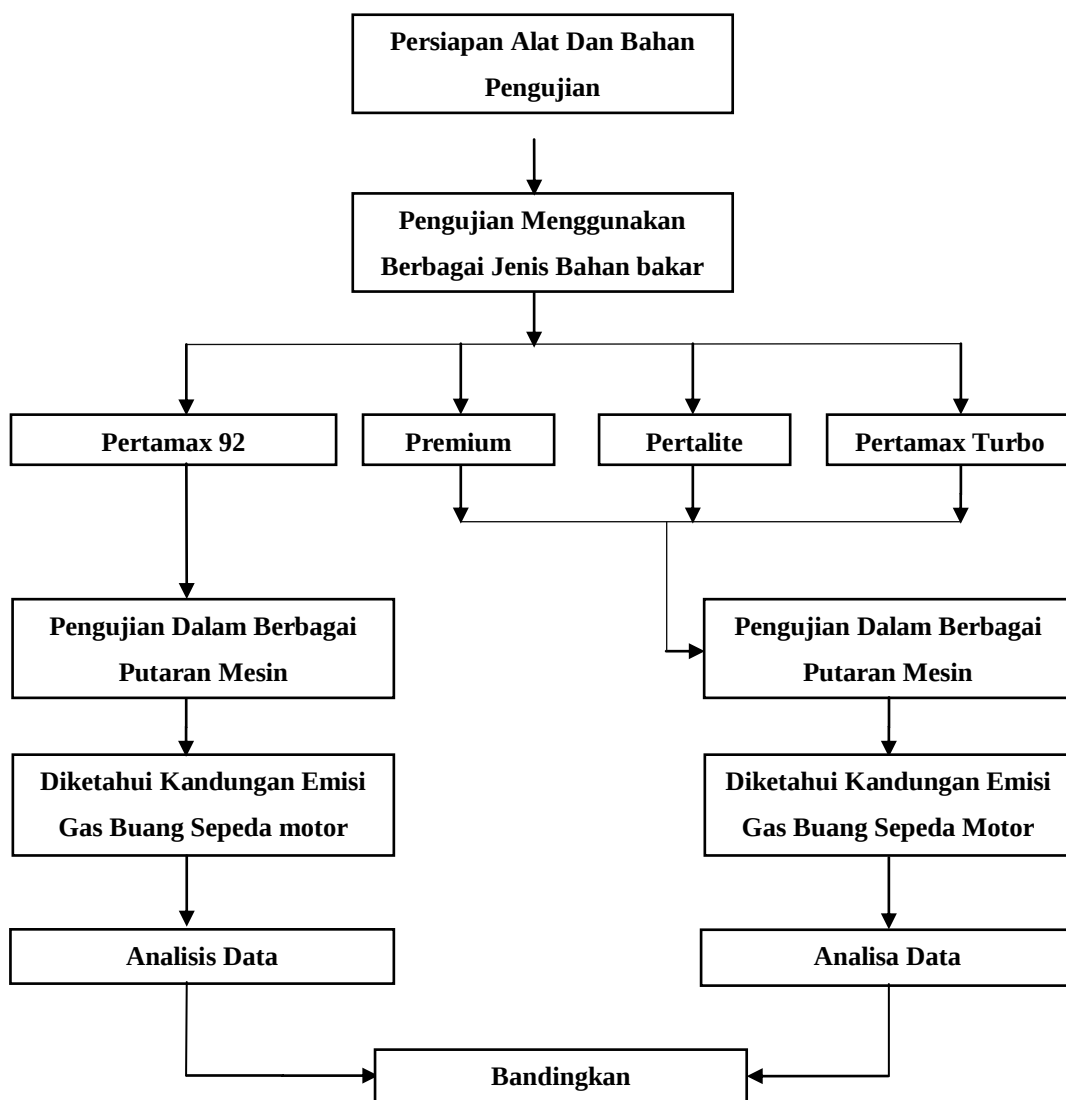
B. Penelitian Yang Relevan

1. Ade Monrihardi (2014) dengan penelitian yang berjudul “Perbandingan penggunaan bahan bakar premium dengan pertamax terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2007”. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa bahan bakar pertamax lebih baik dan lebih irit 8,6% dari premium, di mana nilai perbedaan konsumsi bahan bakar pertamax lebih irit 0,14888 liter/jam dari premium 0,162884 liter/jam.. Kemudian jika dilihat dari emisi gas buang pertamax juga lebih baik persentase emisi gas buangnya dibandingkan dengan premium, di mana nilai emisi gas buang pertamax yaitu: CO: 0,918%, HC: 147,8 Ppm, CO₂: 2,86% dan O₂: 14,11%, sedangkan premium CO: 1,07%, HC: 260,4 Ppm, CO₂: 2,76% dan O₂: 14,16%.
2. Moh. Wildan Habibi (2016) dengan penelitian yang berjudul “Analisa penggunaan bahan bakar jenis pertalite dan pertamax pada mesin bertorsi besar (Honda Beat FI 110 cc)”. Hasil penelitiannya adalah nilai oktan dari bahan bakar pada putaran 2000 rpm untuk torsi paling tinggi sebesar 18 Nm (pertamax), daya tertinggi diputaran 2000 Rpm sebesar 5.1 Kw, diperoleh kadar emisi gas buang paling rendah dan kadar emisi gas buang tertinggi diperoleh pada putaran 1750 rpm. Untuk kadar emisi gas CO terendah pada bahan bakar Pertalite dengan nilai oktan 90 adalah 0.12 ppm dan Pertamax dengan nilai oktan 92 adalah 0,10 ppm pada putaran Rpm 3250. Begitu pula dengan gas CO₂ untuk pertalite 4,32 dan pertamax sebesar 4.30. Gas HC pertalite 90 sebesar 0.3 ppm dan pertamax 92 sebesar 0.28 ppm. Oksigen

(O_2) untuk pertalite sebesar 20.6 ppm dan untuk pertamax sebesar 20,69 ppm.

C. Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini akan dicari perbandingan penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap emisi gas buang pada sepeda motor 4 langkah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 9. Kerangka konseptual

D. Hipotesis

Berdasarkan uraian pada teori dan kerangka konseptual yang telah dijabarkan di atas maka hipotesis untuk penelitian ini adalah:

1. Adanya pengaruh pada penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap kandungan emisi gas buang karbon monoksida (CO).
2. Adanya pengaruh pada penggunaan berbagai jenis bahan bakar terhadap kandungan emisi gas buang hidrokarbon (HC).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan berbagai jenis bahan bakar pada sepeda motor Yamaha Vixion 2012 tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi gas buang CO. Dengan menggunakan bahan bakar Pertamina 92 menghasilkan rata-rata CO setiap tingkatan putaran sebesar 0.17% dan setelah diberi perlakuan dengan mengganti bahan bakar Premium, Pertamina, dan Pertamina Turbo didapatkan rata-rata CO yang dihasilkan masing-masing bahan bakar uji setiap tingkatan putaran adalah 0.27%, 0.18%, dan 0.14%. Berdasarkan analisa data CO pada sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2012 menggunakan bahan bakar Premium terjadi peningkatan CO sebesar 54.84%, bahan bakar Pertamina terjadi peningkatan CO sebesar 6.45% dan bahan bakar Pertamina Turbo penurunan CO sebesar 17.42%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan bakar uji terbaik untuk emisi CO adalah bahan bakar Pertamina Turbo, karena terjadi penurunan CO disetiap putaran mesin.
2. Penggunaan berbagai jenis bahan bakar pada sepeda motor Yamaha Vixion 2012 tidak berpengaruh signifikan terhadap emisi gas buang HC. Dengan menggunakan bahan bakar Pertamina 92 menghasilkan rata-rata HC setiap tingkatan putaran sebesar 6.78 ppm dan setelah diberi perlakuan dengan mengganti bahan bakar Premium, Pertamina, dan Pertamina Turbo didapatkan rata-rata HC yang dihasilkan masing-masing bahan bakar uji setiap

tingkatan putaran adalah 10.22 ppm, 3.56 ppm, dan 6.67 ppm. Berdasarkan analisa data HC pada sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2012 menggunakan bahan bakar Premium terjadi peningkatan HC sebesar 50.82%, bahan bakar Pertalite terjadi penurunan HC sebesar 47.54% dan bahan bakar Pertamina Turbo terjadi penurunan HC sebesar 1.62%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan bakar uji terbaik untuk emisi HC adalah bahan bakar Pertalite dan Pertamina Turbo, karena terjadi penurunan HC disetiap putaran mesin.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah lakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian ini masih terbatas hanya pada beberapa putaran mesin yang mewakili, sehingga pada penelitian lanjutan agar bisa dilakukan pada putaran yang lebih tinggi.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian pengaruh penggunaan berbagai jenis bahan bakar yang mencari besarnya konsumsi bahan bakar, daya, torsi, dan *specific fuel consumption (SFC)*.
3. Penelitian pada kandungan emisi gas buang sebaiknya dilakukan pada semua kandungan emisi gas seperti CO₂, H₂O, dan kandungan emisi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A.A Wira Kresna Ningrat. (2016). “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Akselerasi Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Bertransmisi Otomatis”. *Jurnal METTEK* (Volume 2 No 1). Hlm. 59 -- 67
- AISI (Auto Mobil.Okezone.Com). diakses 17 Januari 2017.
- Bonnick, Allan. (2008). *Automotive Science and Mathematics*. Burlington: Elsevier.
- Daryanto. (2003). *Dasar-dasar Teknik Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Eko Winarto. (2013). “Pengaruh Bahan Bakar Premium, Pertamina, Pertamina Plus dan Variasi Rasio Kompresi Terhadap Kadar Emisi Gas Buang CO dan HC Pada SUZUKI SHOGUN FL 125 SP Tahun 2007”. *Jurnal JIPTEK* (Vol. VI No.1, Januari). Hlm. 26—36
- Ellyanie. (2011). “Pengaruh Penggunaan Three-Way Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Kijang Innova”. *Laporan Penelitian*. Universitas Sriwijaya.
- Gupta, H N. (2009). *Fundamental Of Internal Combustion Engine*. Delhi: Phi Learning Private Limited.
- Gusnadi. (2010). “Pengaruh Saat Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mobil dengan sisten Bahan Bakar Injeksi (EFI)”. *Jurnal: Universitas Negeri Jogjakarta*.
- G. Haryono. (1997). *Mengenal Motor Bakar*. Solo: PT. Pabelan.
- <https://data.go.id/dataset/jumlah-kendaraan-bermotor-unit/resource/f9c24882-8de4-481e-9cb6-400ed8fbb0df>. diakses 17 Januari 2017.
- <http://gokilsite.blogspot.co.id/2012/07/harga-yamaha-vixion-fuel-injection.html>. diakses 17 Januari 2017
- <http://digilib.unila.ac.id/5307/14/BAB%20II.pdf>. Diakses 4 Juni 2017.
- <http://digilib.unila.ac.id/7411/15/BAB%20II.pdf>. Diakses 4 Juni 2017.
- Jalius Jama dan Wagino. (2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Jalius Jama dan Wagino. (2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.