

**PERBANDINGAN EMISI GAS BUANG CO DAN HC ANTARA SEPEDA  
MOTOR SATU BUSI DENGAN SEPEDA MOTOR DUA BUSI  
(JUPITER MX 135 CC DENGAN PULSAR 135 CC)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Strata Satu Pada  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



**Oleh**

**MUHAMMAD JAMIL BAKAR  
NIM. 13853/2009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2014**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PERBANDINGAN EMISI GAS BUANG CO DAN HC ANTARA SEPEDA  
MOTOR SATU BUSI DENGAN SEPEDA MOTOR DUA BUSI  
(JUPITER MX 135 CC DENGAN PULSAR 135 CC)**

Nama : Muhammad Jamil Bakar  
NIM : 13853  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2014

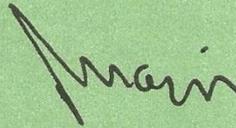
Disetujui Oleh

Pembimbing I



**Dr. Wakhinuddin S, M.Pd**  
NIP:19600314 198503 1 003

Pembimbing II



**Drs. M.Nasir, M.Pd**  
NIP: 19590317 198010 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Otomotif



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

## PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang

**Judul** : Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan HC  
antara Sepeda Motor Satu Busi dengan Sepeda  
Motor Dua Busi (Jupiter MX 135 CC dengan  
Pulsar 135 CC)

**Nama** : Muhammad Jamil Bakar

**NIM** : 13853

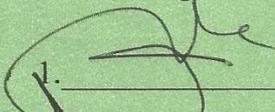
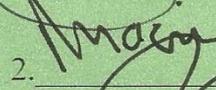
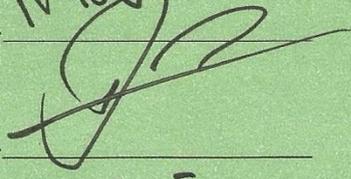
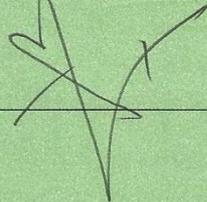
**Program Studi** : Pendidikan Teknik Otomotif

**Jurusan** : Teknik Otomotif

**Fakultas** : Teknik

Padang, Januari 2014

### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	<b>Dr. Wakhinuddin S, M.Pd</b>	1. 
2. Sekretaris	<b>Drs. M. Nasir, M.Pd</b>	2. 
3. Anggota	<b>Drs. Daswarman, M.Pd</b>	3. 
4. Anggota	<b>Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si</b>	4. 
5. Anggota	<b>Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc</b>	5. 



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS TEKNIK

**JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF**

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171  
Telp. (0751), ..... FT: (0751)7055644, 445118 Fax .7055644  
E-mail : info@ft.unp.ac.id



Certified Management System  
DIN EN ISO 9001:2000  
Cert.No. 01.100 086042

---

**SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Muhammad Jamil Bakar**  
NIM/TM : 13853/2009  
Program Studi : Pendidikan teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : FT UNP

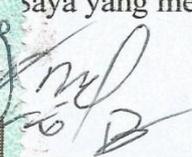
Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **“Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan HC antara Sepeda Motor Satu Busi dengan Sepeda Motor Dua Busi (Jupiter MX 135 CC dengan Pulsar 135 CC)”** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu 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 UNP maupun di masyarakat dan negara.

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

Padang, Januari 2014



Saya yang menyatakan,

  
**Muhammad Jamil Bakar**  
NIM. 13853/2009

## ABSTRAK

### **Muhammad Jamil Bakar: Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan HC antara Sepeda Motor Satu Busi dengan Sepeda Motor Dua Busi (Jupiter MX 135 CC dengan Pulsar 135 CC)**

Penggunaan kendaraan bermotor setiap harinya semakin meningkat. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan akan mengakibatkan kandungan emisi di udara semakin tinggi, apalagi sektor transportasi merupakan sumber polusi tertinggi. Salah satu cara mengatasinya yaitu dengan menyempurnakan proses pembakaran. Dalam hal ini Pulsar menggunakan teknologi DTS-i, yaitu teknologi dua busi yang membuat proses pembakaran berlangsung lebih cepat dalam waktu yang lebih singkat, berbeda dengan Jupiter MX yang menggunakan satu busi pada proses pengapiannya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan emisi yang dihasilkan oleh sepeda motor yang menggunakan satu busi dengan sepeda motor yang menggunakan dua busi.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Sepeda motor Bajaj Pulsar 135 CC dan Yamaha Jupiter MX 135 CC tahun 2011, untuk pengujian emisi gas buang dilakukan pada putaran mesin 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm. Emisi yang diukur yaitu CO (*Carbon Monoksida*) dan HC (*Hidrokarbon*) dengan bahan bakar bensin (premium). Pengambilan data penelitian dilakukan tiga kali pada tiap putaran mesin. Data hasil penelitian dianalisa dengan analisis statistik *t-test* dengan taraf signifikan 5%.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan dua busi dapat menurunkan emisi gas buang karbon monoksida (CO) sebesar **1.7267 %**, dan dari hasil uji *t-test* dinyatakan signifikan dengan  $t_{hitung} = 5,2057 > t_{tabel} = 4,303$ . Untuk emisi gas buang Hidrokarbon (HC) penggunaan dua busi tidak menunjukkan hasil seperti yang diharapkan, pada HC terjadi peningkatan 313,3333 ppm, dan dari hasil uji *t-test* dinyatakan tidak signifikan dengan  $t_{hitung} = 3,7340 < t_{tabel} = 4,303$ .

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT karena telah memberikan rahmat dan petunjuknya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : **“Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan HC antara Sepeda Motor Satu busi dengan Sepeda Motor Dua Busi (Jupiter MX 135 CC dengan Pulsar 135 CC)”**

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam skripsi ini, tidak terlepas bantuan dari berbagai pihak sehingga dengan bantuan tersebut skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dengan hati yang tulus ikhlas kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif.
3. Bapak Dr. Wakhinuddin S, M.Pd selaku Pembimbing I yang membimbing dan memberikan arahan dalam skripsi ini.
4. Bapak Drs. M. Nasir, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II dan juga sekaligus sebagai Penasehat Akademik (PA) yang membimbing dan memberikan masukan dalam skripsi ini.
5. Bapak Drs. Daswarman, M.Pd, bapak Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si, serta bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc selaku dosen penguji skripsi ini.

6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Otomotif FT UNP.
7. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan dukungan, baik secara moril maupun materil dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat, rekan-rekan dan semua pihak yang banyak membantu dan berpartisipasi dalam skripsi ini.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, untuk itu penulis mengharapkan saran yang bersifat memperbaiki dalam kesempurnaan skripsi ini selanjutnya.

Padang, Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Asumsi.....	6
G. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II KERANGKA TEORI</b>	
A. Deskripsi Teori.....	8
B. Penelitian Yang Relevan .....	35
C. Kerangka Berpikir .....	35
D. Pertanyaan Penelitian .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Desain Penelitian.....	37
B. Defenisi Operasional .....	37
C. Variabel Penelitian .....	38
D. Objek Penelitian .....	38
E. Jenis dan Sumber Data .....	40
F. Instrumen Pengumpulan Data .....	40
G. Prosedur Penelitian.....	41
H. Teknik dan Alat Pengumpul Data .....	41
I. Teknik Analisis Data.....	43

**BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Deskripsi Pelaksanaan Penelitian.....	45
B. Data Hasil Penelitian.....	46
C. Deskripsi Hasil Penelitian.....	48
D. Analisa dan Pembahasan.....	50
E. Keterbatasan Penelitian.....	54

**BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan.....	55
B. Saran .....	56

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>
-----------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Konsentrasi HC Kota Besar di Indonesia.....	3
2. Konsentrasi CO Kota Besar di Indonesia.....	3
3. Pembakaran Campuran Udara-Bensin dan Perubahan Tekanan di dalam Silinder.....	10
4. Skema Struktur Muka Detonasi.....	14
5. Grafik Detonasi pada Motor Bensin.....	15
6. Konstruksi Busi.....	18
7. Busi Standar.....	20
8. Busi Tipe Resistor.....	21
9. Busi dengan Elektroda yang Menonjol.....	22
10. Busi Semi-Surface Discharge.....	22
11. Jupiter MX.....	25
12. Perbedaan Konstruksi Pulsar dan Jupiter.....	26
13. Pulsar.....	26
14. Grafik stoikiometri <i>air fuel ratio</i> .....	30
15. Pengaruh <i>ignition timing</i> terhadap emisi gas buang.....	31
16. Konsentrasi HC saat terjadi pembakaran.....	32
17. Perbandingan campuran bahan bakar dan udara.....	33
18. Kerangka Berpikir.....	36
19. Grafik hasil pengujian CO Jupiter MX 135 dan Pulsar 135 LS.....	48
20. Grafik hasil pengujian HC Jupiter MX 135 dan Pulsar 135 LS.....	49
21. Grafik Rata-rata CO Jupiter MX 135 dan Pulsar 135 LS....	52
22. Grafik Rata-rata HC Jupiter MX 135 dan Pulsar 135 LS....	53

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Standar Emisi Gas Buang Sepeda Motor .....	2
2. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia .....	28
3. Pola Penelitian.....	37
4. Spesifikasi dari sepeda motor satu busi .....	39
5. Spesifikasi dari sepeda motor dua busi .....	40
6. Data hasil pengujian emisi gas buang sepeda motor Jupiter MX 135 .....	42
7. Data hasil pengujian emisi gas buang sepeda motor Pulsar 135 LS .....	42
8. Data perbandingan kandungan emisi .....	42
9. Data hasil pengujian emisi gas buang sepeda motor Yamaha Jupiter MX .....	47
10. Data hasil pengujian emisi gas buang sepeda motor Yamaha Pulsar 135 LS .....	47
11. Hasil pengujian CO .....	48
12. Hasil pengujian HC .....	49
13. Hasil uji statistik emisi gas buang pada taraf signifikan 5% .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian .....	60
2. Surat Permohonan Menggunakan Alat .....	61
3. Surat Bukti Penelitian .....	62
4. Data Hasil Penelitian .....	63
5. Perhitungan Uji ( $t$ ).....	65
6. Tabel $t$ .....	67
7. Hasil Pengujian dengan <i>Four Gas Analyzer</i> .....	68
8. Foto Dokumentasi .....	71

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Penggunaan kendaraan bermotor setiap harinya semakin meningkat. Hal ini disebabkan kebutuhan hidup dan gaya hidup yang terus berkembang. Perkembangan serta peningkatan jumlah yang besar pada kendaraan bermotor yang paling tinggi yaitu pada sepeda motor. Meningkatnya jumlah sepeda motor disebabkan karena harganya yang terjangkau dan biaya perawatan tidak sebesar kendaraan bermotor yang lain, juga merupakan kendaraan yang efektif saat jam sibuk karena bodinya yang ramping sehingga bisa terhindar dari macet.

Pada tahun 2012 jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai 77.775.658 unit, yang tahun sebelumnya berjumlah sekitar 69.204.675 unit. Data tersebut diperoleh dari Korp Lalu Lintas Republik Indonesia (Korlantas POLRI). Pertumbuhan sepeda motor yang terjadi dalam kurun waktu yang singkat (satu tahun) mengalami peningkatan sebesar 12 %. Pada saat sekarang ini produsen berlomba-lomba mengeluarkan produk dengan berbagai fitur dan kelebihan dari produk-produk sebelumnya, serta model dan warna yang membuat konsumen tertarik, sehingga bukan hanya karena kebutuhan semata, bahkan banyak yang membeli kendaraan hanya karena gengsi, ingin lebih dari orang lain.

Pada kendaraan bermotor sangat dituntut akan kesempurnaan proses pembakaran, agar terwujudnya bahan bakar irit dengan tenaga yang besar, serta emisi yang ramah lingkungan. Proses pembakaran yang tidak sempurna

akan memicu terjadinya masalah. Masalah yang terjadi beragam, seperti bahan bakar yang boros, kendaraan tidak bertenaga, serta emisi yang melebihi standar. Standar emisi Euro-2 yang mulai diterapkan 1 Agustus 2006 oleh Menteri Lingkungan Hidup Ir. Rachmat Witoelar pada kendaraan roda dua seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 1. Standar Emisi Gas Buang Sepeda Motor**

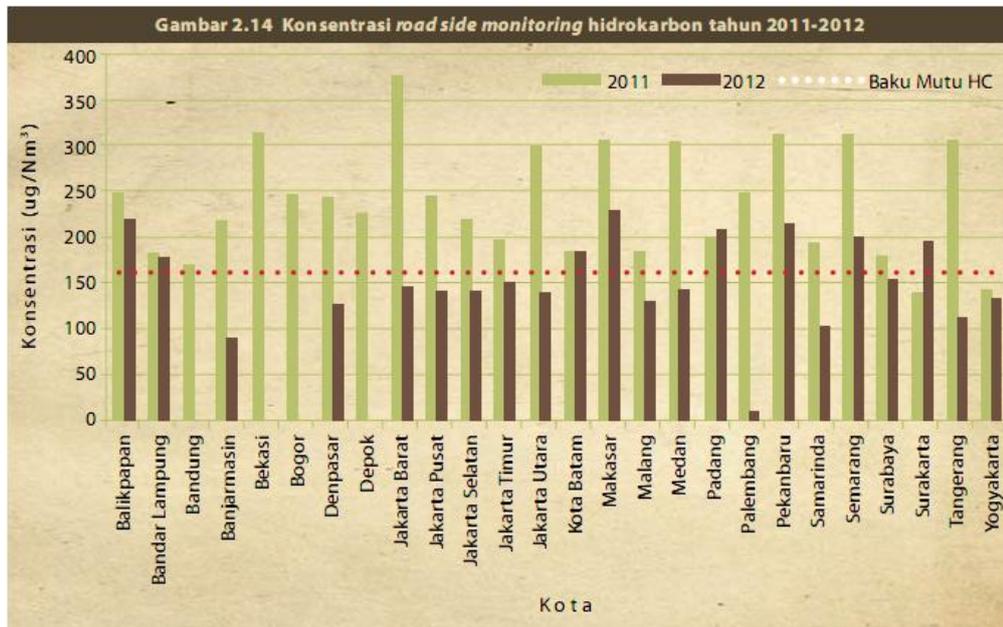
Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 Langkah	< 2010	4,5	12000	Idle
Sepeda Motor 4 Langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda Motor (2 langkah dan 4 Langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

*Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006*

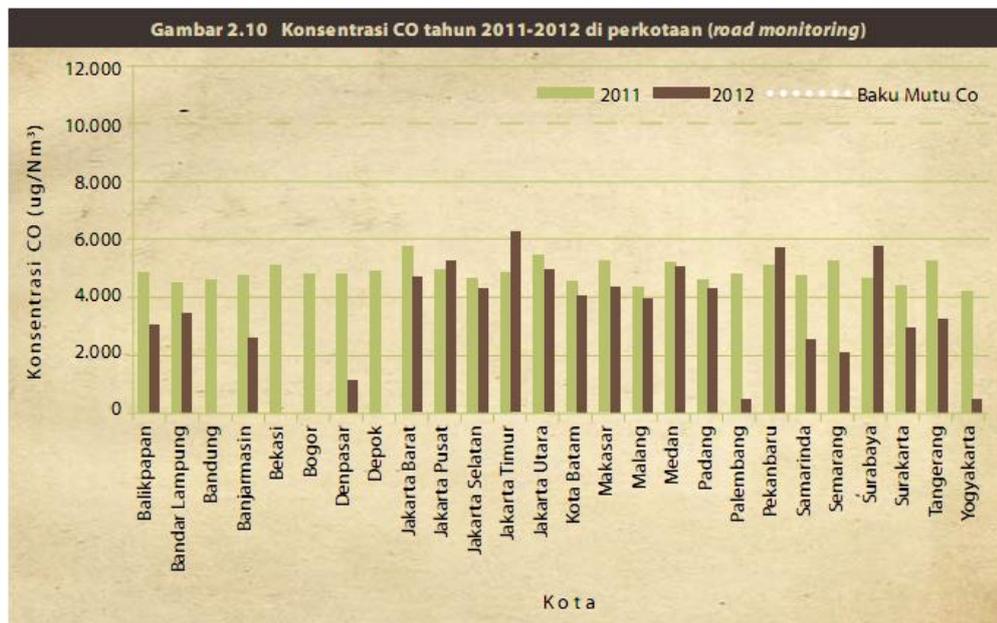
Menurut Wisnu (2004:31) “Udara di daerah perkotaan yang banyak mempunyai kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat, udaranya relatif tidak bersih lagi”. Dari beberapa macam komponen pencemar udara, maka yang paling banyak berpengaruh dalam pencemaran udara adalah Karbon monoksida (CO), Nitrogen okside (NO<sub>x</sub>), Hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>), serta partikel-partikel lainnya, dan penyumbang gas pencemar diatas adalah kendaraan bermotor.

Wisnu (2004: 31) menyatakan,”Komponen pencemar udara tersebut di atas bisa mencemari udara secara sendiri-sendiri, atau dapat pula mencemar udara secara bersama-sama, jumlah komponen pencemar udara tergantung pada sumbernya”. Untuk mendapatkan gambaran tersebut dapat

dilihat data pencemaran udara di Indonesia. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran pada tahun 2012.



Gambar 1. Konsentrasi HC Kota Besar di Indonesia  
(*Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012: 17*)



Gambar 2. Konsentrasi CO Kota Besar di Indonesia  
(*Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012: 15*)

Terkait tentang polusi, Srikandi (1992: 93) menyatakan, “Sumber polusi yang utama berasal dari sektor transportasi, dimana hampir 60% dari *polutan* yang dihasilkan terdiri dari *Karbon Monoksida* (CO) dan sekitar 15% terdiri dari *Hidrokarbon* (HC)”. Mukono (2003: 7) mengatakan “Polutan udara disebut juga polutan udara primer, yaitu polutan udara yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu, berupa gas senyawa karbon, senyawa sulfur, senyawa nitrogen dan senyawa halogen”. Menurut Srikandi (1992: 93) “*Polutan* yang utama adalah *Karbon Monoksida* yang hampir mencapai setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada”.

Polutan terjadi dapat diakibatkan karena proses pembakaran yang tidak sempurna. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara menyempurnakan proses pembakaran, dalam hal ini Pulsar menggunakan teknologi DTS-i, yaitu teknologi dua busi yang membuat pembakaran berlangsung lebih cepat, berbeda dengan Jupiter MX yang menggunakan satu busi pada proses pengapiannya. Penggunaan dua busi dapat membakar semua campuran homogen hingga habis dan membuat gas emisi berbahaya yang dihasilkan lebih sedikit. Proses pembakaran menurut Hyundai Prinsip Dasar Engine Step I (2012: 100):

Ketika api diberikan ke gas dengan temperature tinggi, kemudian diantara elektroda dan busi terbentuk titik api, titik api ini membakar gas yang bertemperatur tinggi karena reaksi gas bahan bakar dan oksigen di udara. Gas yang terbakar ini dengan singkat memanaskan campuran di sekitarnya dan campuran lainnya disekitar reaksi inti dengan oksigen akan berubah menjadi gas terbakar yang besar karena panas tersebut. Dalam waktu yang singkat, proses ini akan menyebar ke semua campuran sehingga berubah menjadi gas yang terbakar.

Hyundai Prinsip Dasar Engine Step I (2012: 101) menyatakan, “Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengapian hanya 2/1000 detik (2 mili second: ms), jika temperatur di sekitar inti pembakaran rendah atau inti apinya tertiup oleh aliran dari aliran campuran bahan bakar maka campuran tersebut tidak dapat terbakar, peristiwa ini disebut misfire”. Berdasarkan kutipan diatas dapat kita hubungkan dengan penggunaan dua busi. Penggunaan dua busi dapat mencegah terjadinya misfire, karena jika satu busi mengalami misfire masih ada busi kedua yang akan menanggulangnya.

Mustafa (2009: 52) menyatakan:

Pada motor bakar bensin untuk menghasilkan suatu pembakaran yang efektif dan tenaga yang optimal diperlukan suatu system pengapian. Sistem pengapian merupakan tindakan untuk memberikan percikan loncatan bunga api ke dalam ruang bakar dengan tujuan untuk proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang berada di dalam silinder atau ruang bakar.

Menurut Siswanto (2009: 64) “Besarnya percikan bunga api di ruang bakar untuk membakar campuran udara dan bahan bakar dalam silinder dapat mempengaruhi kadar emisi gas buang”. Kesimpulan yang dapat diambil dari kutipan di atas busi merupakan bagian dari sistem pengapian dan besar kecilnya percikan bunga api mempengaruhi kadar emisi gas buang kendaraan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan berikut:

1. Meningkatnya emisi gas buang yang dihasilkan oleh sektor transportasi yang merupakan faktor utama penghasil polutan.

2. Banyak orang yang tidak peduli dengan kandungan emisi gas buang pada sepeda motornya, sudah melebihi ambang batas yang diizinkan atau tidak.
3. Pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang tidak sempurna akan menghasilkan emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan hidup seperti gas CO dan HC.

### **C. Batasan Masalah**

Agar lebih terarahnya penelitian ini, maka permasalahan dibatasi pada “Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan HC Antara Sepeda Motor Satu Busi dengan Sepeda Motor Dua Busi yang 135 CC”

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka masalah pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut: Seberapa besarkah perbandingan emisi gas buang yang dihasilkan dari sepeda motor yang menggunakan satu busi dan sepeda motor yang menggunakan dua busi dengan CC yang sama (135 CC).

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Untuk mengetahui perbandingan emisi yang dihasilkan oleh sepeda motor yang menggunakan satu busi dan sepeda motor yang menggunakan dua busi dengan CC yang sama (135 CC).

### **F. Asumsi**

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dikemukakan di atas, maka beberapa asumsi yang perlu penulis kemukakan dalam penelitian ini:

1. Kendaraan yang akan diuji dibersihkan saringan udaranya, bersihkan karburator, ganti oli dan ganti busi.
2. Bahan bakar yang digunakan sama (premium).
3. Alat ukur yang digunakan dalam keadaan yang sudah dikalibrasi.
4. Suhu pengukuran sama, yaitu pada suhu  $85^{\circ}-87^{\circ}\text{C}$ .

#### **G. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Melihat efisiensi penggunaan dua busi terhadap emisi gas buang sepeda motor.
2. Melihat apakah penggunaan dua busi memberikan dampak yang baik atau hanya sebuah pemborosan spare part.
3. Memberikan hasil yang jelas serta teruji tentang penggunaan dua busi pada masyarakat umum.
4. Jika hasil emisi gas buang yang dihasilkan dengan menggunakan dua busi lebih sedikit daripada menggunakan satu busi. Maka bisa jadi sebuah rekomendasi bagi pabrikan lain untuk ikut menggunakan dua busi, agar peningkatan polusi dapat ditekan.
5. Sebagai bahan penelitian lebih lanjut.
6. Sebagai salah satu bahan / sumber bacaan ataupun referensi bagi siswa SMK Jurusan Teknik Sepeda Motor (TSM), pada mata pelajaran sistem pengapian dengan Standar Kompetensi (SK) melakukan perbaikan sistem pengapian, dan Kompetensi Dasar (KD) mengidentifikasi komponen sistem pengapian.

## BAB II

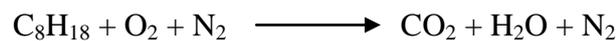
### KERANGKA TEORI

#### A. Deskripsi Teori

##### 1. Proses Pembakaran

Toyota Step 2 (1972: 2-2) menyatakan “Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dengan oksigen dengan diikuti oleh sinar dan panas”. Menurut Martur dan Sharma (1980: 139) menyatakan, “Pembakaran adalah reaksi kimia antara hidrogen dan karbon di dalam bahan bakar dengan oksigen yang ada di dalam udara yang menghasilkan energi panas”. Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran di mana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk produk yang berupa gas.

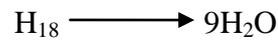
Pembakaran dibedakan atas dua jenis, yaitu pembakaran kimia dan fisika. Menurut Obert (1973: 89) “Bahan bakar yang akan dibakar diambil dari hidrokarbon dengan rumus kimia  $C_8H_{18}$  dan jika pembakarannya sempurna sehingga hasil pembakarannya menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Jika ditulis dalam persamaan menjadi:



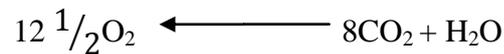
Agar pembakarannya sempurna maka jumlah bagian kiri dengan bagian kanan harus sama. Maka untuk menyeimbangkan semua harus tereaksi habis sehingga :



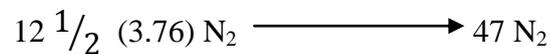
Untuk hidrogennya:



Karena reaksinya dengan oksigen maka reaksinya menjadi



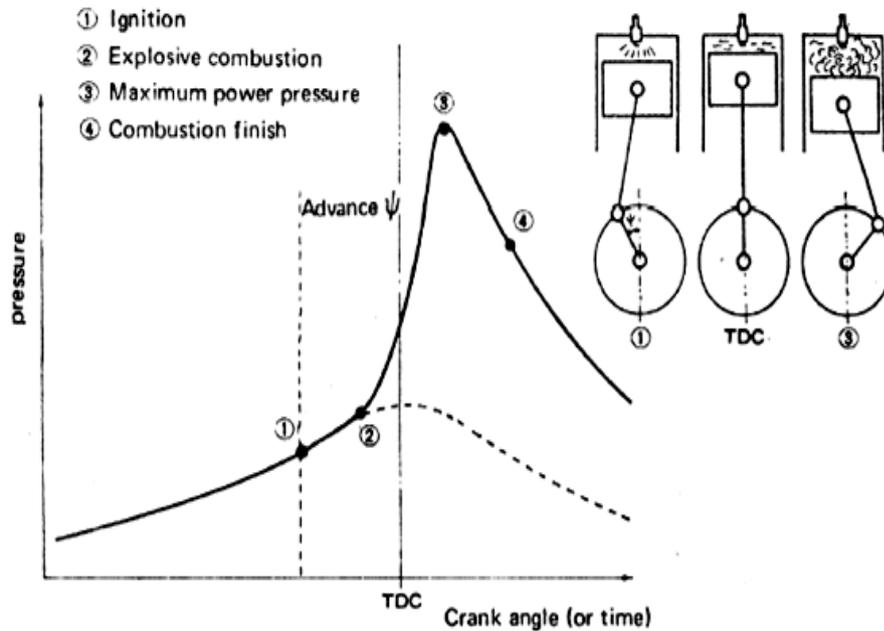
Karena kandungan Nitrogen dalam udara setiap satu mol oksigen akan bersamaan dengan 3,76 nitrogen maka dalam persamaan terdapat nitrogen yang jumlah penyeimbangannya adalah :



Sehingga reaksi kimia pembakaran yang sempurna dari pembakaran yang sempurna ini menjadi :



Reaksi tersebut dapat dilihat bahwa proses pembakaran yang baik atau karbon ( $\text{C}_8$ ) dibakar seluruhnya menjadi  $8\text{CO}_2$  sedangkan Hidrogen ( $\text{H}_{18}$ ) dibakar seluruhnya menjadi  $9\text{H}_2\text{O}$ . Tahap terjadinya pembakaran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar berlangsung sangat singkat dan cepat. Menurut Wardan Suyanto (1989:253) Secara teoritis proses atau tahapan-tahapan pembakaran dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Pembakaran Campuran Udara-Bensin dan Perubahan Tekanan di dalam Silinder  
(*Fundamentals Of Automobile : 50*)

- a. Tahap pertama, busi memercikan bunga api kedalam selinder yang berisi campuran bahan bakar dengan udara yang telah dikompresikan. Pada saat busi memercikan bunga api belum ada kenaikan tekanan dalam selinder yang ditunjukkan oleh titik 1. Hal ini disebabkan karena belum terjadinya proses pembakaran.
- b. Tahap kedua, tahap ini biasanya disebut dengan *ignition delay* yang ditunjukkan oleh rentang antara titik 1 sampai titik 2. *Ignition delay* ini disebabkan karena perlunya waktu untuk memulai reaksi antara bahan bakar dan oksigen. Baru setelah itu pembakaran dimulai dan penyebaran apinya dilanjutkan keseluruh bagian selinder. Bila proses pembakaran terjadi normal maka kecepatan rambatan apinya dilanjutkan keseluruh bagian selinder.
- c. Tahap ketiga, pembakaran maksimum. Setelah bahan bakar mulai terbakar, yakni setelah titik dua, maka tekanan di dalam selinder akan naik secara drastis. Hal ini disebabkan karena ruangan masih dipersempit kompresi juga panas yang timbul akibat pembakaran ini menyebabkan naiknya tekanan di dalam selinder. Tekanan pembakaran ini akan mencapai titik tertinggi

- pada beberapa saat setelah torak melewati titik mati atas. Menurut Obert (Dalam Wardan Suyanto 1989: 254) daerah dimana tekanan pembakaran maksimum adalah lima sampai sepuluh derajat setelah titik mati atas. Hal ini dibuat agar tenaga yang dihasilkan pembakaran lebih maksimal karena tekanan pembakaran digunakan untuk mendorong torak ke bawah selanjutnya memutar poros engkol.
- d. Tahap keempat, akhir pembakaran. Setelah mencapai titik 3 maka tekanan akan turun sedikit demi sedikit secara *continue* dalam langkah usaha.

Menurut Pulkrabek (2004:274):

Proses pembakaran pada SI (*Spark Ignition*) engine dapat dibagi dalam tiga tahap: (1) penyalaan (2) perambatan nyala api (3) akhir penyalaan. Pada tahap penyalaan, bahan bakar yang terbakar hanya 5-10%. Selama periode penyalaan, busi memercikkan bunga api dan proses pembakaran dimulai tetapi tekanan di ruang bakar masih rendah sehingga belum ada usaha yang dihasilkan. Usaha yang dihasilkan nantinya akan mendorong piston akibat ledakan campuran bahan bakar terjadi pada tahap perambatan api dalam proses pembakaran (sekitar  $5-10^\circ$  sesudah TMA). Pada periode ini sekitar 80-90% bagian dari masa campuran bahan bakar dan udara terbakar. Selama tahap ini, tekanan di dalam selinder sangat tinggi atau berada pada tekanan maksimum yang akan membentuk tenaga untuk menghasilkan usaha pada langkah usaha 5% jumlah campuran bahan bakar dan udara terakhir terbakar pada tahap akhir penyalaan dimana tekanan akan turun sangat cepat dan pembakaran selesai.

Berdasarkan kutipan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang dibantu oleh sinar/panas/temperatur yang memungkinkan terjadinya pembakaran. Proses pembakaran ini terjadi dalam tiga tahap yaitu: penyalaan, perambatan api dan akhir penyalaan.

Ada tiga kemungkinan yang dapat terjadi pada pembakaran motor bensin yaitu:

**a. Pembakaran Sempurna (Normal)**

Pembakaran sempurna menurut Toyota Step 2 (1972: 2-3): “Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api pada busi. Selanjutnya api membakar bahan bakar yang berada disekelilingnya dan terus menjalar ke seluruh bagian sampai semua partikel bahan bakar terbakar habis”. Di dalam pembakaran normal, pembagian nyala api pada waktu *ignition delay* (waktu penyalan) terjadi merata pada seluruh bagian. Mekanisme pembakaran dalam motor ini bersifat kompleks, dimana pembakaran akan berlangsung beberapa fase. Perlu diketahui adanya proses perambatan api dan adanya pembakaran (*combustion*). Ketika partikel bahan bakar dikompresikan, tekanan dan suhunya naik, sehingga terjadi reaksi kimia dimana molekul-molekul *hydrocarbon* terurai dan bergabung dengan oksigen dan udara. Pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang dibantu oleh sinar/panas/temperatur yang memungkinkan terjadinya pembakaran.

**b. Pembakaran Tidak Sempurna**

1) Detonasi atau *knocking*

Pembakaran merupakan proses penting dalam konversi energi.

Detonasi merupakan salah satu fenomena pembakaran, mempunyai

peran penting dalam aplikasi dan sering dikaitkan dengan engine knocking. Menurut Toyota Step 1 (1972: 2-1-3):

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

Detonasi merupakan fenomena yang sulit dijelaskan dan hanya bisa diamati tingkat keadaan akhirnya secara eksperimental. Meskipun teori detonasi sebagai penyebab knocking tidak begitu diterima dan teori autoignition lebih bisa diterima secara luas, detonasi masih menjadi gejala yang terus diteliti karena menimbulkan gelombang supersonik yang mempunyai potensi merusak. Priangkoso (2008: 44-45) menyatakan:

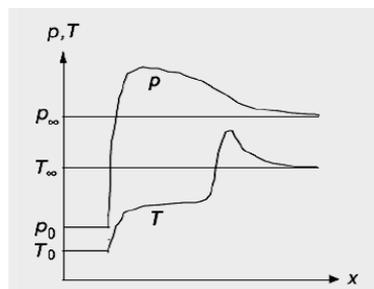
Perambatan lidah api (deflagration) biasanya disebabkan reaksi kimia yang didukung gradien temperatur, konsentrasi spesies dan proses perpindahan ditingkat molekular. Dalam peristiwa detonasi, perambatan disebabkan oleh gelombang tekanan yang didukung oleh reaksi kimia dan perpindahan kalor. Karakteristik penting pada perambatan detonasi adalah kecepatan perambatan gelombang tekanan jauh lebih tinggi dibandingkan kecepatan perambatan lidah api.

Beberapa campuran bahan bakar dan oksidator, perambatan nyala api dapat berubah menjadi perambatan detonasi jika melampaui batas tertentu. Salah satunya jika kecepatan pembakaran jatuh menjadi nol. Pada kenyataannya batas pembakaran hanya terbatas

antara 0.5 m/s, sedangkan kecepatan detonasi 1000 m/s. Menurut

Priangkoso (2008: 44-45):

Karakteristik nyala api laminar dapat dilihat pada gambar di bawah, gas yang tidak terbakar bergerak mendekati muka dengan kecepatan perambatan detonasi. Sedangkan pada muka detonasi, tekanan, temperatur, densitas dan konsentrasi spesies berubah dan memiliki harga yang jauh berbeda dibanding yang jauh berada di belakangnya.



Gambar 4. Skema Struktur Muka Detonasi  
Priangkoso (2008: 44-45)

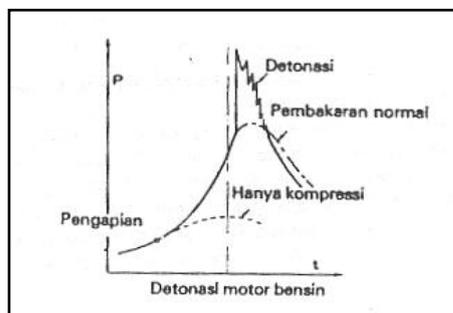
Hingga kini analisis hanya mengungkap informasi tingkat keadaan akhir detonasi seperti kecepatan detonasi dan menyisakan pertanyaan tentang struktur gelombang detonasi. Berdasarkan para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa pada dasarnya, tingkat keadaan akhir detonasi dapat berupa tingkat keadaan Chapman-Jouguet, tetapi tingkat keadaan berubah jika struktur detonasi tidak stabil sehingga struktur muka detonasi tiga dimensi yang kompleks muncul. Pemisahan antara fase penekanan dan fase reaksi dapat dilihat jelas pada gambar di atas, dimana temperatur pertama naik bersamaan dengan naiknya penekanan, dan kemudian diikuti dengan pelepasan kalor dalam reaksi kimia. Detonasi merupakan fenomena pembakaran yang sulit dijelaskan. Tingkat keadaan detonasi hanya biasa diamati

melalui eksperimen dan hanya tingkat keadaan akhir yang bisa diamati. Model matematis detonasi memberikan gambaran detonasi geometri yang sederhana.

James (2012: 86) menyatakan, “Knocking atau engine knock, spark knock atau ping adalah suara ketukan pada mesin yang disebabkan karena pembakaran tidak normal di dalam silinder”. Menurut Jhon (1988: 450) “Detonasi adalah nama yang diberikan untuk gelombang yang menghasilkan suara ketukan yang diakibatkan pembakaran spontan bahan bakar campuran udara dan bahan bakar yang ada di dalam silinder”. Menurut Toyota Step 1 (1972: 2-1-3), Adapun hal-hal yang menyebabkan *knocking*, adalah sebagai berikut:

- a) Perbandingan kompresi, tekanan kompresi serta temperatur silinder yang tinggi.
- b) Waktu/masa pengapian terlalu cepat.
- c) Putaran *engine* lambat dan penyebaran pengapian lambat.
- d) Penempatan busi dan konstruksi ruang bakar tidak tepat serta jarak penyebaran api terlalu jauh.
- e) Angka oktan bensin terlalu rendah.

Diagram proses pembakaran yang mengalami *knocking* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 5. Grafik *Detonasi* pada Motor Bensin.  
(Toyota, 1972: 2-4)

## 2) Pre ignition

Jalius Jama (2008: 189) menyatakan:

Bila suhu elektroda tengah melebihi 800 °C, maka akan terjadi peningkatan kotoran oksida dan terbakarnya elektroda tersebut. Pada suhu 950 °C elektroda busi akan menjadi sumber panas yang akan membakar campuran bahan bakar dan udara tanpa percikan bunga api dari busi, hal ini dikenal dengan *pre ignition* yaitu dimana terbakarnya campuran bahan bakar tidak disebabkan oleh percikan bunga api dari busi. Jika terjadi *pre ignition*, maka daya mesin akan turun, karena waktu pengapian tidak tepat dan elektroda busi bahkan piston bisa retak.

Frank (1989: 37) menyatakan, “Pre ignition adalah pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang disebabkan karena panas yang ada pada permukaan ruang bakar”. Hal ini disebabkan karena adanya endapan karbon pada permukaan ruang bakar atau elektroda busi panas. Selain itu menurut Allan (2008: 185),

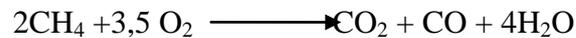
Pre ignition merupakan suara ketukan yang diakibatkan karena pembakaran yang tidak disebabkan oleh percikan bunga api, tetapi disebabkan oleh permukaan yang memiliki temperatur tinggi. Permukaan yang memiliki temperatur tinggi ini disebabkan karena elektroda busi yang terlalu panas, endapan karbon dan lain-lain.

### c. Pembakaran Tidak Lengkap

Dikutip dari Toyota Engine Group Step 2 (1972: 2-4) “pembakaran yang tidak lengkap yaitu pembakaran yang terdapat kelebihan ataupun kekurangan oksigen”. Contoh reaksi pembakaran yang kekurangan oksigen (campuran kaya) yaitu:



Contoh reaksi pembakaran yang kelebihan oksigen (campuran kurus) yaitu:



## 2. Proses pembakaran dua busi

Dikutip dari workshop manual Pulsar DTS-i (2008: 48) proses pembakaran DTS-i adalah:

- a. DTS-i yaitu engine yang memiliki dua busi pada kepala silinder, dengan masing-masing satu busi disetiap ujungnya. Kedua busi tersebut memiliki tingkat panas, hambatan dan ukuran celah yang sama. Percikan yang bersamaan pada kedua busi mampu meningkatkan proses pembakaran dengan cara mengurangi waktu pembakaran.
- b. Proses pembakaran dengan dua busi menggunakan CDI pintar yang mampu mengatur waktu pengapian terbaik. Untuk mengaktifkannya tergantung dari bukaan throttle dan putaran mesin, baik bukaan sebagian ataupun bukaan penuh. Waktu pengapian optimal untuk menghasilkan keluaran terbaik yaitu  $10^0$  sebelum TMA pada rpm 1500 dan  $28^0$  sebelum TMA pada rpm 3500.
- c. DTS-i menggunakan switch magnet yang tersambung dengan batang throttle dengan bodi karburator. Switch ini dikenal dengan TRICS (Throttle Responsive Ignition Control System).
- d. Untuk menjaga keamanan mekanisme mesin, batas putaran mesin dihubungkan dengan digital CDI. Busi kiri dan kanan pada mesin memiliki batasan mulai pemercikan. Busi kiri mulai memercikan bunga api pada 350 rpm hingga 9000 rpm, sedangkan busi kanan memercikan bunga api mulai dari 750 rpm sampai 6000 rpm.

## 3. Busi / Spark Plug

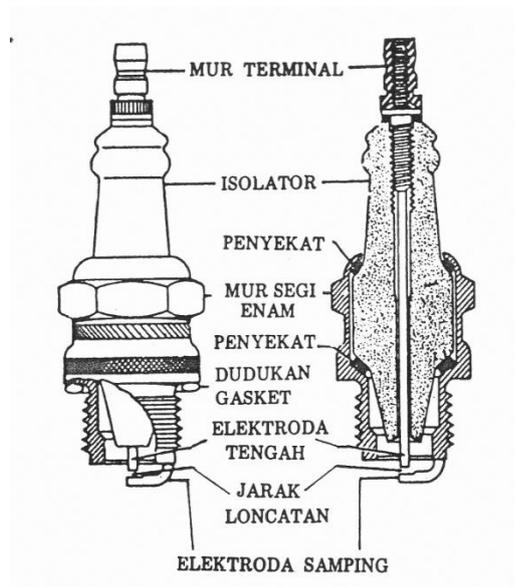
Daryanto (2011: 104) menyatakan “Busi adalah suatu alat yang digunakan untuk meloncatkan bunga api listrik di dalam ruang bakar (silinder)”. Secara garis besar busi dibedakan atas dua jenis, yaitu:

*Busi panas dan Busi dingin.* Busi panas ialah busi yang menyerap dan membuang/melepas panas dengan lambat. Jenis ini hanya digunakan untuk mesin yang temperatur dalam ruang bakarnya rendah. Busi dingin ialah busi yang menyerap dan membuang/melepas panas dengan cepat. Jenis ini hanya digunakan untuk mesin yang temperatur dalam ruang bakarnya tinggi.

Marsudi (2010: 143) menyatakan,

Apabila busi sudah lama digunakan, mungkin busi menjadi kotor karena elektrodanya tertutup karbon atau aus karena terbakar sehingga loncatan bunga api listrik pada elektrode busi menjadi tidak sempurna. Proses pembakaran campuran udara dan bensin menjadi tidak sempurna yang mengakibatkan mesin sukar hidup dan tenaga mesin menurun.

**a. Konstruksi busi:**



Gambar 6. Konstruksi Busi  
(Daryanto 2008: 68)

### 1) Terminal

Sebagai tempat untuk menghubungkan busi dan koil.

### 2) Elektroda pusat

Untuk meneruskan arus listrik tegangan tinggi ke elektroda tengah. Elektroda tengah (*positive electrode*) dan elektroda sisi (*negative electrode*) yang memberikan loncatan bunga api listrik di dalam ruang bakar.

### 3) Insulator keramik

Untuk memegang elektroda tengah dan untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik tegangan tinggi antara elektroda tengah dan casing. Insulator dibuat dari porselin aluminium murni yang mempunyai daya tahan panas yang sangat baik.

### 4) Elektroda tengah dan elektroda sisi

Dibuat dari paduan nikel yang mempunyai sifat tahan panas dan tahan karat. Antara elektroda tengah dan elektroda sisi diberi renggang (*gap*) sebesar 0,6 - 0,7 mm. Adanya kerengangan ini akan membangkitkan loncatan bunga api listrik yang digunakan untuk pembakaran campuran udara dan bensin.

## b. Jenis busi

Busi mempunyai fungsi untuk memercikkan api di dalam ruang bakar mesin yang kemudian membakar campuran bensin dan udara di dalam mesin. Tipe-tipe busi kendaraan cukup beragam, masing-masing

busi memiliki kelemahan dan keunggulan. Adapun beberapa tipe-tipe busi, antara lain:

### 1) Busi Tipe Standar (*Standard Type*)

Busi dengan ujung elektroda tengah yang menonjol keluar dari diameter rumah yang berulir (*Threaded Section*) disebut busi standar. Ujung insulator (*Nose Insulator*) tetap berada di dalamnya (tidak menonjol). Jarak tempuh busi standar sampai sekitar 20 ribu km, ketika kondisi pembakaran normal dan tak dipengaruhi oleh faktor lain macam oli mesin dan konsumsi BBM yang berlebihan efek peningkatan spek karburator. Busi ini bawaan motor setiap diluncurkan dari pabrikan.

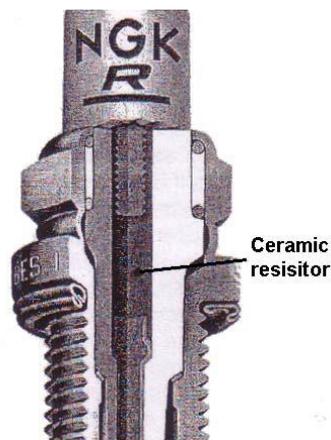


Gambar 7. Busi Standar  
(Jalius Jama dan Wagino 2008: 193)

### 2) Busi Tipe Resistor (*Resistor Type*)

Busi dengan tipe resistor merupakan busi yang dibagian dalam elektroda tengah dekat daerah loncatan api dipasangkan (disisipkan) sebuah resistor (sekitar 5 kilo ohm). Tujuan pemasangan resistor tersebut adalah untuk memperlemah gelombang-gelombang elektromagnet yang ditimbulkan oleh loncatan pengapian, sehingga

bisa mengurangi gangguan (interferensi) radio dan peralatan telekomunikasi yang dipasang disekitarnya maupun yang dipasang pada mobil lain.



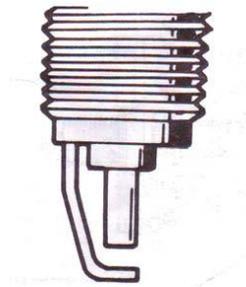
Gambar 8. Busi Tipe Resistor  
(Jalius Jama, dan Wagino 2008: 194)

### 3) Busi dengan elektroda menonjol (*Project Nose Type*)

Busi dengan elektroda yang menonjol maksudnya adalah busi dengan ujung elektroda tengah dan ujung insulator sama-sama menonjol keluar. Suhu elektroda akan lebih cepat naik dibanding tipe busi standar karena busi tipe ini menonjol ke ruang bakar, sehingga dapat membantu menjaga busi tetap bersih.

Selain itu, pada putaran mesin yang tinggi, efek pendinginan yang datang dari campuran bahan bakar (bensin) dan udara akan meningkat, sehingga dapat juga membantu menjaga busi beroperasi dalam suhu kerjanya. Hal ini akan mempunyai kecenderungan mengurangi *pre-ignition*. Busi tipe ini cocok untuk mesin-mesin modern namun tertentu saja. Oleh karena itu, hindari penggunaan

busi tipe ini pada mesin yang tidak direkomendasikan karena dapat menyebabkan gangguan pada katup maupun piston serta kerusakan mesin.



Gambar 9. Busi dengan Elektroda yang Menonjol  
(Jalius Jama, dan Wagino 2008: 194)

#### **4) Busi dengan Pengeluaran Percikan dari Dua Sisi atau ke Bodi (*Semi-Discharge Plugs Surface*)**

Busi tipe ini dirancang agar lintasan percikan bunga api yang terjadi melompat ke sisi elektroda atau langsung ke bodi. Hal ini akan membantu menjaga busi tetap bersih karena percikannya efektif mampu membakar setiap deposit (endapan) karbon. Dengan menggunakan elektroda negatif yang berada di sisi bisa membantu membakar campuran bensin dan udara lebih sempurna karena ujung elektroda tengah tidak tertutup elektroda negatif tersebut.



Gambar 10. Busi Semi-Surface Discharge  
(Jalius Jama, dan Wagino 2008: 195)

### **5) Busi dengan Elektroda Platinum**

Kemampuan pengapian yang telah dijelaskan juga berlaku untuk busi dengan ujung elektroda platinum. Ujung elektroda tengah dan elektroda masa dilapisi dengan lapisan platinum untuk memperpanjang umur busi. Diameter center electrode 0,6 mm – 0,8 mm, jarak tempuh busi sekitar 30 ribu km. Tipe busi ini sudah beredar dan sering digunakan meskipun harganya lebih mahal.

### **4. Tujuan Penggunaan Dua Busi**

Adapun tujuan dari penggunaan dua busi dalam satu silinder (DTS-i) seperti dikutip dari Sakti (2010: 30) “Menggunakan dua busi dapat mencegah terjadinya detonasi, kegagalan pengapian, meningkatkan horse power, menghemat pemakaian bahan bakar, dan meningkatkan kualitas emisi gas buang”. Hampir sama dengan Djoko (2010: 23) yang menyatakan, “Dengan menggunakan teknologi DTS-i dapat memaksimalkan pembakaran untuk menghantarkan tenaga yang lebih kuat dan hemat bahan bakar dengan emisi rendah”. Mengenai waktu pengapian, Djoko (2010: 24) menyatakan:

Sepeda motor Pulsar menggunakan Digital CDI dengan chip mikroprosesor 8 bit yang bekerja sama dengan Trics III dalam hal mengatur kinerja busi. Memori chip yang telah diprogram mengandung pengaturan waktu pembakaran optimal pada saat RPM berapapun, sehingga mendapatkan karakteristik performa terbaik dari ruang pembakaran. CDI juga menentukan waktu pembakaran di kedua busi menjadi lebih stabil dan presisi.

## 5. Jupiter MX 135 dan Pulsar 135 LS

### a. Jupiter MX 135

“Ada dua type yang dirilis ke pasaran oleh PT YMKI transmisi manual kopling 5-speed dengan cakram di roda depan dan belakang dan satu varian lagi menggunakan auto clutch 4-speed tanpa rem cakram belakang”.([www.ototrend.com](http://www.ototrend.com)).

Jupiter MX menggunakan mesin dengan 4 katup. Yaitu 2 katup masuk dan 2 katup buang. Meski memiliki bodi seperti motor bebek tapi kemampuan dan tenaga Jupiter MX bisa disaingkan dengan motor sport, bahkan mesin Jupiter MX menggunakan model tegak. Motor Jupiter MX menggunakan *DiAsil Cylinder* (Die Aluminium Silicon), yaitu material campuran logam aluminium dan silicon. Keunggulan dari *DiAsil Cylinder* adalah:

- 1) Memiliki kemampuan pendinginan yang baik.
- 2) Ketahanan terhadap aus yang tinggi.
- 3) Ramah lingkungan dan mudah didaur ulang.
- 4) Ekonomis, tidak menggunakan liner besi sehingga nilai produktifitasnya tinggi.
- 5) Performa tinggi, antara lain ringan, pendinginan sempurna, meredam suara berisik, awet dan tidak mudah aus sehingga hemat penggunaan oli.
- 6) *DiAsil Cylinder* dibuat dengan proses *Die Casting* (cetak) bukan dengan *Coated* (lapisan), proses *Coated* tidak tahan lama.

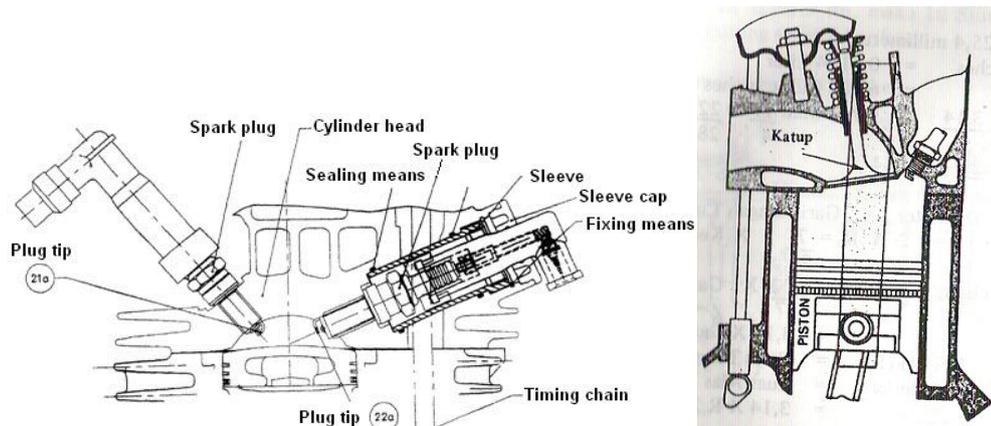


Gambar 11. Jupiter MX  
([www.yamaha-motor.co.id/products/motorcycle/moped/new-jupite-mx/](http://www.yamaha-motor.co.id/products/motorcycle/moped/new-jupite-mx/))

#### **b. Pulsar 135 LS**

Pulsar 135 LS (*Light Sport*) menggunakan mesin 4 katup, yakni 2 katup masuk dan 2 katup buang. Pulsar menggunakan teknologi DTS-i (*Digital Twin Spark Ignition*) dalam proses pembakarannya. *Digital Twin Spark Ignition* yaitu proses pembakaran yang menggunakan dua busi. Pada pengapian biasa yang menggunakan satu busi akan memakan waktu untuk mencapai bagian terjauh dari ruang bakar, ini menyebabkan lambatnya proses pembakaran dan mengakibatkan kurang optimalnya karakteristik ruang bakar. Dengan menggunakan dua busi di masing-masing ujung ruang bakar akan membantu pembakaran lebih cepat dan sempurna.

Mengenai DTS-i pada Pulsar, Wahyu (2012: 185) menyatakan: “Kunci kontak yang diumpankan ke *spark plugs* diatur oleh CDI digital dengan beralih mikroprosesor 8 bit yang mengontrol pengiriman ke percikan busi. Mikroprosesor ini diprogram dengan informasi tentang percikan waktu pada setiap putaran mesin tertentu”.



Gambar 12. Perbedaan Konstruksi Pulsar dan Jupiter  
([thinkpat.blogspot.com/2011/12/dtsi-twin-spark-think-what-patent-says.html](http://thinkpat.blogspot.com/2011/12/dtsi-twin-spark-think-what-patent-says.html)  
dan [dc388.4shared.com/doc/cSAr-FM2/preview.html](http://dc388.4shared.com/doc/cSAr-FM2/preview.html))

“Percikan api di kedua busi ini diprogram akan nyala bersamaan saat mulai hidup hingga rpm 6000, dan ketika berada diatas rpm 6000 busi sekunder akan mati dan berganti primer (sisi kanan) yang hidup”. ([www.ototrend.com](http://www.ototrend.com)). Mesin ini menggunakan sistem Trics III (*Throttle Response Ignition Control System*) yang berfungsi untuk memicu pengapian pertama dan kedua untuk pembakaran yang sempurna terhadap campuran udara dan bahan bakar pada berbagai posisi throttle guna mendapatkan tenaga dan performa yang optimal.



Gambar 13. Pulsar 135 CLS  
([www.bajajauto.com/pulsar135ls-virtual-gallery.asp#topLook](http://www.bajajauto.com/pulsar135ls-virtual-gallery.asp#topLook))

## 6. Emisi Gas Buang Kendaraan

Mengenai emisi gas buang Wardan (1989: 345) menyatakan “Emisi gas buang adalah merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan, adapun emisi tersebut adalah hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (Nox).”

Adapun penjelasan mengenai emisi gas buang yang akan dibandingkan yaitu:

### a. Karbon Monoksida (CO)

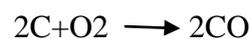
Menurut Marthur dan Sharma (1980: 620), “karbon monoksida merupakan hasil dari pembakaran yang tidak lengkap karena jumlah udara yang tidak cukup pada campuran bahan bakar dan udara atau tidak cukupnya waktu pada siklus untuk menyelesaikan pembakaran”. Srikandi (1992: 94) mengatakan “Karbon Monoksida (CO) adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa dan berbahaya. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air”. Menurut Sukoco (2009: 37):

Karbon Monoksida (CO) tidak berwarna dan tidak beraroma, tidak mudah larut dalam air, perbandingan berat dengan udara (1 atm °C) 0.967), berasal dari 93% berasal dari kendaraan bermotor. *Karbon Monoksida* (CO) yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

- 1) Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- 2) Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- 3) Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan Oksidasi.

Menurut Wardan Suyanto (1989: 345):

*Karbon Monoksida (CO)* tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya/gemuk (kekurangan oksigen). Unsur karbon di dalam bahan bakar dalam suatu proses sebagai berikut:



CO yang di keluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin.

Mengenai efek dari emisi karbon monoksida Mukono (2003: 20) menyatakan, “Apabila kadar Hemoglobin Karbon monoksida (HbCO) meningkat sampai 5%, maka seseorang tidak dapat melihat dengan jelas”. Pengaruh gas CO dalam darah dapat dilihat pada tabel di bawah, berikut:

**Tabel 2. 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
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)*

Mengenai efek CO Soedomo (2001: 8) menyatakan, “keracunan gas CO timbul sebagai akibat terbentuknya karbonasi hemoglobin (COHb) dalam darah. Afinitas CO yang lebih besar dibandingkan oksigen (O<sub>2</sub>) terhadap Hb menyebabkan fungsi Hb untuk membawa

oksigen ke seluruh tubuh terganggu”. Berkurangnya penyediaan oksigen keseluruhan tubuh ini akan membuat sesak nafas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak mendapat udara segar kembali.

#### **b. Hidrokarbon (HC)**

Hidrokarbon sesuai dengan yang dikutip dari Wisnu (2004: 51), “Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan atau padatan”. Menurut Srikandi (1992: 113), “Hidrokarbon merupakan polutan udara primer karena dilepaskan ke udara secara langsung”. Srikandi (1992: 115) menyatakan, “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”. Dikutip dari Wisnu (2004: 54): “Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara”.

Dampak pencemaran Hidrokarbon (HC) terhadap kesehatan ini dinyatakan oleh Wisnu (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

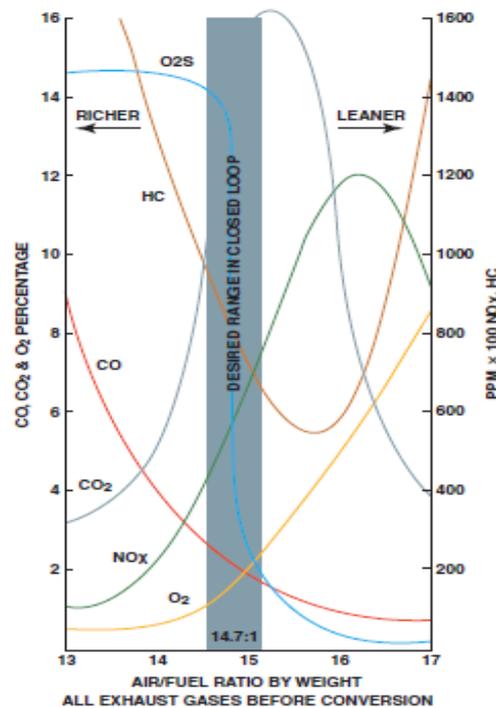
ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini disebut sebagai Polycyclic Aromatic Hydrocarbon yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merangsang terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru.

### c. Faktor-faktor yang mengakibatkan terjadinya emisi

Mitsubishi *emission control system* (2006 :3) “Terjadinya emisi sangat berkaitan erat dengan *air fuel ratio*, *ignition timing*, mutu bahan bakar, konstruksi *engine* dan lainnya”.

#### 1) Faktor *air fuel ratio*

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap jumlah CO, HC, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> terlihat seperti dalam grafik di bawah ini :

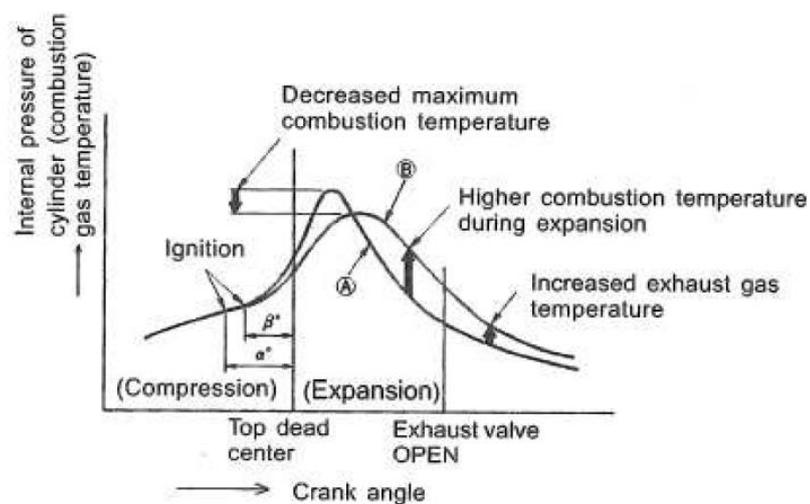


Gambar 14. Grafik stoikiometri *air fuel ratio*  
Halderman (2012: 550)

Campuran yang ideal bahan bakar : udara adalah = 1 : 14,7 (dalam satuan berat), campuran ideal ini disebut *stoichiometric*.

Apabila *air fuel ratio* sedikit lebih kurus dari pada yang ideal, maka CO dan HC akan berkurang, tetapi NO<sub>x</sub> akan naik. Bila lebih dikuruskan lagi, maka NO<sub>x</sub> turun drastis, tetapi HC naik drastis pula akibat dari terjadinya *misfire*. Jadi terjadinya CO, HC dan NO<sub>x</sub> selalu bertentangan. Kenyataan ini yang selalu harus menjadi pertimbangan/ perhatian harus diambil atau dicari titik keseimbangannya. Di dalam mesin pembakaran dalam, perubahan tekanan berbanding lurus dengan perubahan temperatur.

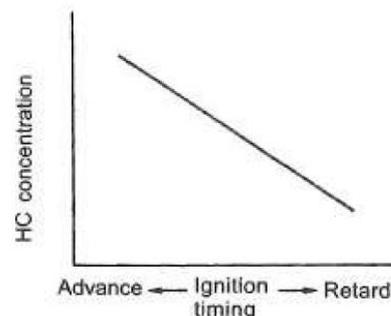
## 2) Pengaruh *ignition timing*



Gambar 15. Pengaruh *ignition timing* terhadap emisi gas buang  
Mitsubishi *Emission Control* (2006: 3)

*Ignition timing* sangat mempengaruhi efisiensi pembakaran. *Ignition* pada  $\alpha^\circ$  menghasilkan grafik temperatur atau tekanan A, inilah *ignition timing* yang terbaik atau ideal. Bila *ignition timing* diperlambat menjadi  $\beta^\circ$ , maka grafiknya menjadi B, di mana tekanan maksimum yang dihasilkan lebih rendah dan waktu yang

diperlukan untuk membakar bahan bakar jadi lebih lama. Perhatikan grafik B, bila temperatur maksimal hasil pembakaran dalam lebih rendah, maka NO<sub>x</sub> akan lebih rendah. Panas pada langkah ekspansi/kerja tidak cepat turun, sehingga HC dapat turun. Apabila *ignition timing* diperlambat (*retarded*), HC akan turun. Hal ini disebabkan proses pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar lebih lama sehingga temperatur di dalam ruang bakar maupun di dalam *exhaust system* (exhaust manifold, exhaust pipe, muffler, dll) bertahan pada level yang relatif tinggi terus (tidak segera turun panasnya), maka HC pun turun.



Gambar 11. Konsentrasi HC saat terjadi pembakaran  
Mitsubishi *Emission Control* (2006: 4)

- 3) Pengaruh konstruksi dan spesifikasi mesin terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

Mitsubishi emission control system (2006: 4) “Volume silinder, perbandingan kompresi, bentuk atau luas ruang bakar, bentuk atau luas permukaan piston, *valve timing*, *exhaust system*, dan sebagainya sangat mempengaruhi kandungan emisi yang dihasilkan”.

Faktor di bawah ini, adalah hal dasar yang harus diperhatikan oleh para designer untuk mengurangi emisi :

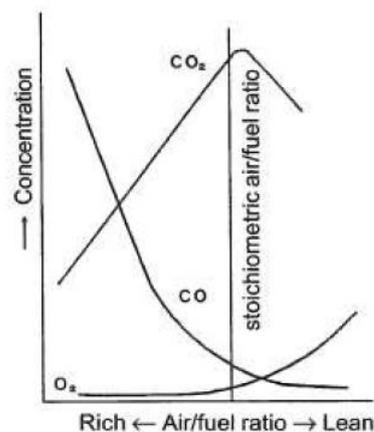
- a) Semakin besar perbandingan antara luas permukaan (*surface*) ruang bakar : volume ruang bakar pada TDC, maka kadar HC akan semakin banyak. Demikian juga apabila *oxidation* (pembakaran kembali dalam sistem pengeluaran) turun, kadar HC akan semakin banyak pula.
- b) NO<sub>x</sub> akan semakin banyak seiring dengan kenaikan temperatur dalam silinder/ruang bakar.

#### d. Proses terbentuknya emisi CO dan HC

##### 1) Emisi gas CO

Gas CO dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna akibat dari kurangnya udara :  $2C + O_2 = 2CO$

Tetapi apabila pasokan udara cukup, maka pembakaran sempurna, sehingga :  $C + O_2 = CO_2$



Gambar 17. Perbandingan campuran bahan bakar dan udara  
Mitsubishi emission control (2006:2)

Menurunkan CO, diperlukan campuran udara kurus (lean), tetapi akibatnya HC akan naik karena terjadi *misfire* (pembakaran yang gagal).

## 2) Emisi gas HC

Hampir semua bahan bakar pada dasarnya terdiri dari bermacam-macam hidrokarbon. Apabila terbakar dengan sempurna di dalam ruang bakar, maka :

$C + O_2 = CO_2$  (karbon dioksida, tidak berbahaya) sedangkan  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  (air tidak berbahaya) HC yang keluar dari gas buang terjadi karena gas  $H_2$  dan C yang tidak terbakar sempurna.

Penyebab terbentuknya HC, antara lain:

- a) Ketika percikan api keluar dari busi, campuran bahan bakar mulai terbakar dan menghasilkan api, tetapi api tersebut sebagian tidak mencapai dinding silinder atau mati di jalan, akibat dari temperatur dinding silinder yang rendah. Gejala ini disebut "*Quenching zone/layer*". Gas yang tidak terbakar (*unburnt gas*) tersebut akan keluar pada langkah exhaust ke udara luar melalui pipa gas buang.
- b) Ketika *deceleration/acceleration* pedal dilepas, maka terjadi kevakuman yang kuat di bawah *throttle valve* (karburator), akibatnya campuran bahan bakar jadi kaya (*rich mixture*), sehingga terjadi *unburnt gas*. Ketika mesin masih dingin, bahan

bakar sulit menjadi gas/uap, sehingga sulit terbakar, terjadilah *unburnt* gas.

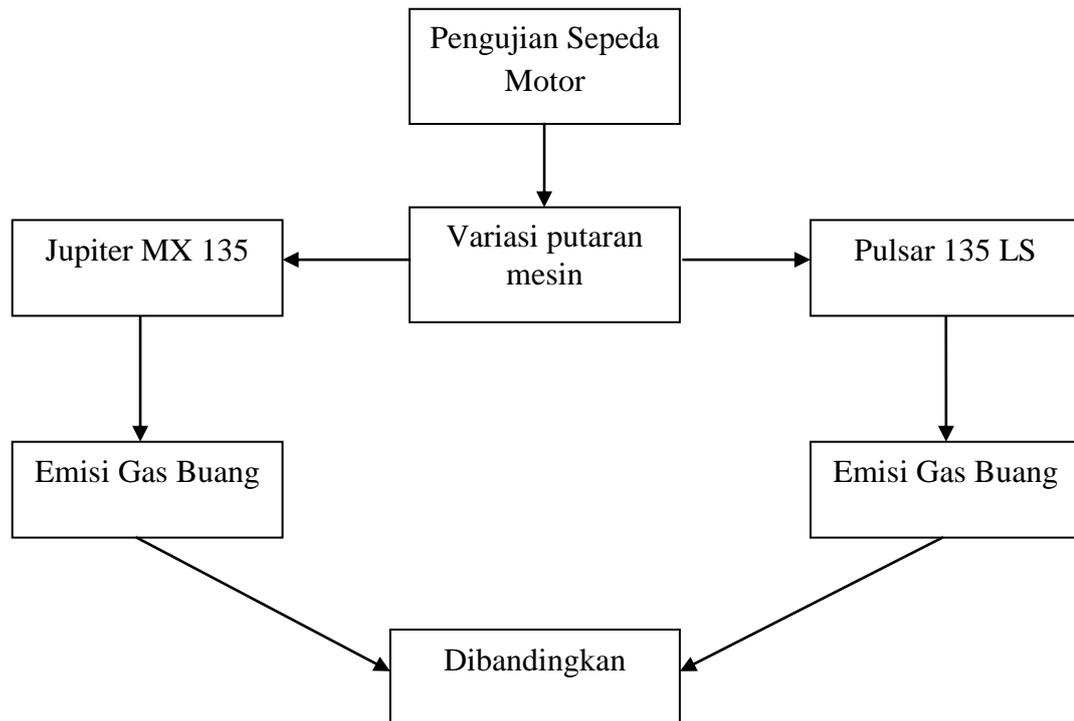
## **B. Penelitian Yang Relevan**

Untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah di kemukakan dalam kajian teori ini, penulis mengambil kesimpulan dari penelitian-penelitian yang penulis anggap relevan dengan penelitian ini.

1. Sakti Prihardintama (2010) Pengaruh variasi durasi noken as terhadap unjuk kerja mesin Honda Kharisma dengan menggunakan dua busi. Menyatakan menggunakan dua busi dapat mencegah terjadinya detonasi, mencegah terjadinya kegagalan pengapian, meningkatkan horse power, menghemat pemakaian bahan bakar, dan meningkatkan kualitas emisi gas buang.

## **C. Kerangka Berpikir**

Penelitian ini akan dicari perbandingan emisi gas buang pada sepeda motor yang menggunakan satu busi dengan sepeda motor yang menggunakan dua busi dengan CC yang sama. Secara lebih jelas kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram kerangka berpikir seperti terlihat di bawah ini.



Gambar 18. Kerangka Berpikir

#### D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan dari tujuan yang ingin dicapai dan beberapa asumsi penelitian yang telah dikemukakan, maka pertanyaan penelitian yang penulis ajukan sebagai berikut: Apakah penggunaan dua busi dapat mengurangi emisi gas buang atau hanya sebuah pemborosan spare part.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Pada bagian terdahulu telah dibahas secara luas yang berkaitan dengan analisis terhadap data penelitian dan pembahasannya. Pada bab ini akan dikemukakan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan rekomendasi.

#### **A. Kesimpulan**

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

1. Setelah dilakukan pengujian kandungan emisi gas buang sepeda motor menggunakan alat uji emisi fourgas analyzer, setelah dicari rata-ratanya kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif dengan perhitungan perbandingan (t). Penggunaan dua busi dapat mengurangi kandungan CO sebesar 1,7267 %, dan hasil uji t dinyatakan signifikan dengan  $t_{hitung} = 5,2057 > t_{tabel} = 4,303$ .
2. Selisih rata-rata kandungan HC pada sepeda motor dua busi dengan sepeda motor satu busi tidak menunjukkan hasil seperti yang diharapkan, justru kandungan HC dua busi lebih tinggi dibandingkan dengan sepeda motor satu busi. Hasil uji t pada kandungan HC dinyatakan tidak signifikan dengan  $t_{hitung} = 3,7340 < t_{tabel} = 4,303$ .
3. Semakin tinggi putaran mesin kandungan HC pada sepeda motor Pulsar justru semakin rendah. Pulsar dengan menggunakan dua busi mampu mengurangi kandungan CO sebesar 1,7267 %, tetapi justru tinggi pada kandungan HC sebesar 313,3333 ppm.

4. Jika dilihat dari putaran tinggi penggunaan dua busi memberikan hasil yang baik dengan emisi yang sangat rendah, tetapi jika dilihat dari putaran rendah penggunaan dua busi tidak menunjukkan hasil yang baik pada kandungan HC.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini, pada prinsipnya masih terdapat kekurangan. Untuk ini perlu beberapa hal yang akan penulis rekomendasikan akan penelitian yang lebih sempurna dan lebih memuaskan, hal ini adalah:

1. Peneliti lain meneliti kandungan  $\text{NO}_x$  pada emisi gas buang DTS-i
2. Peneliti lain meneliti konsumsi bahan bakar dari sepeda motor DTS-i
3. Peneliti lain meneliti daya dan torsi dari sepeda motor DTS-i.
4. Ketelitian penggunaan alat ukur dan pembacaannya sangat diutamakan, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap data hasil pengujian.
5. Sebelum digunakan alat ukur harus dikalibrasi agar hasil ukur akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anas Sudijono. (2003) . *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Bajaj. (2011). *Manual Service Pulsar 135 LS*. Bajaj: Service Department Bajaj Auto Limited.
- Boentarto. (2005). *Cara Pemeriksaan, Penyetelan dan Perawatan Sepeda Motor*. Yogyakarta: Andi.
- Bonnick, Allan. (2008). *Automotive Science and Mathematic*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Daryanto. (2011). *Teknik Reparasi dan Perawatan Sepeda Motor*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Derato. Frank C. (1989) *Automotive Ignition System*. United States Of America: McGraw-Hill, Inc.
- Djoko Djauhari. (2010). *Pengaruh Faktor Brand Image, Harga dan Pengembangan Produk terhadap Perilaku Konsumen dalam Keputusan Pemilihan Pembelian Produk Motor Sport di Wilayah Bandung*. Bandung: Universitas Komputer Indonesia.
- Guy, L.R. (1987). *Education Research*. Amerika: Columbus.
- Halderman. James D. (2012) *Automotive Fuel and Emissions Control System*. 3<sup>rd</sup>.ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Heywood. Jhon B. (1988) *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States Of America: McGraw-Hill, Inc.
- Hyundai. (2012). *Prinsip Dasar Engine Hyundai Step 1*. Jakarta: PT. Hyundai Motor.
- Jalius Jama dan Wagino. (2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2006). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.