

**PERBANDINGAN SISTEM PENGAPIAN PLATINA DENGAN SISTEM  
PENGAPIAN TCI (*TRANSISTOR CONTROLLED IGNITION*)  
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI  
GAS BUANG PADA MESIN EMPAT LANGKAH**

**SKRIPSI**



**Oleh**

**EKO PRASETIO PRISTIAN**

**13862/2009**

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

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

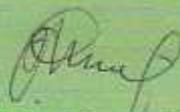
**PERBANDINGAN SISTEM PENGAPIAN PLATINA DENGAN  
SISTEM PENGAPIAN TCI (*TRANSISTOR CONTROLLED IGNITION*)  
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI  
GAS BUANG PADA MESIN EMPAT LANGKAH**

Nama : Eko Prasetyo Pristian  
NIM : 13862/2009  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Padang, 16 Agustus 2016

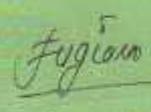
Disetujui Oleh

Pembimbing I



**Drs. Faisal Ismet, M.Pd**  
NIP.19491215 197602 1 002

Pembimbing II



**Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si**  
NIP. 19730213 199903 1 005

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Otomotif**



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

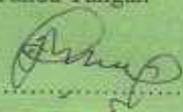
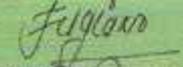
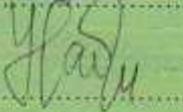
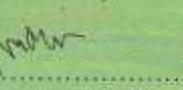
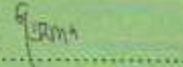
## PENGESAHAN SKRIPSI

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

Judul : **Perbandingan Sistem Pengapian Platina Dengan Sistem Pengapian TCI (Transistor Controlled Ignition) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah**

Nama : Eko Prasetyo Pristian  
Nim / Bp : 13862 / 2009  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Padang, 16 Agustus 2016

Tim Penguji:	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Faisal Ismet, M.Pd	1..... 
2. Sekretaris	: Toto Sugiarso, S.Pd, M.Si	2..... 
3. Anggota	: Drs. Hasan Maksum, MT	3..... 
4. Anggota	: Drs. M Nasir, M.Pd	4..... 
5. Anggota	: Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng	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 : **EKO PRASETIO PRISTIAN**  
NIM/TM : **13862/2009**  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **“PERBANDINGAN SISTEM PENGAPIAN PLATINA DENGAN SISTEM PENGAPIAN TCI (TRANSISTOR CONTROLLED IGNITION) TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN EMPAT LANGKAH”**. 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, 16 Agustus 2016

Saya yang menyatakan,



**Eko Prasetio Pristian**

NIM. 13862/2009

## ABSTRAK

### **Eko Prasetio Pristian : Perbandingan Sistem Pengapian Platina Dengan Sistem Pengapian Tci (*Transistor Controlled Ignition*) Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah**

Masih banyaknya kendaraan di Indonesia yang masih mengaplikasikan sistem pengapian konvensional, sedangkan dari yang kita tau, kendaraan yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional proses pembakarannya belum sempurna dan memiliki kelemahan seringnya setelan platina melenceng dari standar akibat penggunaan. Hal ini tentu menyebabkan kinerja kendaraan menjadi tidak baik yang berakibat pada tidak sempurnanya proses pembakaran yang menyebabkan konsumsi bahan bakar kurang efektif dan emisi gas buang yang masih kurang baik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan sistem pengapian platina dengan sistem pengapian TCI terhadap konsumsi dan emisi gas buang pada mesin empat langkah.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Pengujian telah dilaksanakan pada tanggal 30 desember 2015 dan 5 januari 2016 di Workshop Otomotif Universitas Negeri Padang. Penelitian menggunakan Toyota kijang 5k, yang dilakukan pada variasi putaran 750 rpm, 1500 rpm, 2250 rpm dan 3000 rpm, dan pada tiap putaran dilakukan selama 120 detik dan setiap putaran dilakukan tiga kali pengujian.

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh hasil konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dengan menggunakan sistem pengapian TCI didapat penurunan konsumsi bahan bakar dengan rata rata setiap putarannya 2,28%. Dan rata rata penurunan gas buang CO adalah 0,70% pada putaran 750 rpm, 72,44 % pada putaran 1500 rpm, 97,31 % pada putaran 2250 rpm, 64,81 % pada putaran 3000 rpm. Dan rata rata penurunan gas buang HC adalah 32,36% pada putaran 750 rpm, 34,72 % pada putaran 1500 rpm, 82,42 % pada putaran 2250 rpm, dan 81,90% pada putaran 3000.

Kata kunci : Platina, TCI, Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang CO dan HC, Mesin Empat Langkah

## ABSTRACT

### **Eko Prasetyo Pristian: Comparison of Ignition System Platinum With Ignition system Tci (Transistor Controlled Ignition) Against Fuel Consumption and Emissions In Machine Four Steps**

Still the number of vehicles in Indonesia that still apply the conventional ignition system, while from what we know, vehicles that still use conventional ignition system the combustion process is not perfect and has flaws platinum settings often deviated from the standard due to the use. This of course led into a vehicle's performance is not good that result in incomplete pembakaran.yang process causes less effective fuel consumption and exhaust emissions are still not good. The purpose of this study was to compare the platinum ignition system with TCI ignition system to konsumsidan exhaust emissions on a four-stroke engine.

This study menggunakan experimental research methods. Tests have are conducted on 30 December 2015 and 5 January 2016 Automotive Workshop Universitas Negeri Padang. Penelitian using Toyota deer 5k, which is done on the variation of rotation of 750 rpm, 1500 rpm, 2250rpm and 3000 rpm, and at each turn carried out for 120 seconds and each round of testing is done three time

From research done shows fuel consumption and exhaust emissions by using TCI ignition system obtained reductions in fuel consumption by an average of 2.28% each revolution. And the average reduction in waste gas co is 0.70% on lap 750 rpm, 72.44% at 1500 rpm rotation, 97.31% at 2250 rpm rotation, 64.81% at 3000 rpm rotation. And the average reduction in exhaust gas HC is 32.36% on lap 750 rpm, 34.72% at 1500 rpm rotation, 82.42% at 2250 rpm rotation, and 81.90% in the 3000 round

**Keywords:** Platina, TCI, Fuel Consumption, Emissions Co. and Hc, Machine Four Steps

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah S.W.T, yang senantiasa melimpahkan, nikmat dan karunian-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“PERBANDINGAN SISTEM PENGAPIAN PLATINA DENGAN SISTEM PENGAPIAN TCI (*TRANSISTOR CONTROLLED IGNITION*) TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN EMPAT LANGKAH”**.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Otomotif. Salawat beserta salam senantiasa tercurahkan selalu kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad S.A.W.

Selama mengerjakan skripsi penulisan ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan baik moril maupun materil, terutama dalam setiap menghadapi kesulitan, hambatan dan rintangan yang penulis alami. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, MT, MSCE, Ph.D 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. Faisal Ismet, M.Pd selaku Dosen Pembimbing I yang membimbing dan memberikan masukan dalam proposal penulisan ini.
4. Bapak Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan pada penulisan proposal ini.
5. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Administrasi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif.

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

Padang, Agustus 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	2
C. Batasan Masalah .....	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Asumsi Penelitian .....	5
G. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
A. Kajian Teori.....	7
1. Bahan bakar .....	7
2. Konsumsi bahan bakar .....	10
3. Emisi gas buang kendaraan .....	17
4. Sistem pengapian .....	28

5. Pengaruh sistem pengapian terhadap konsumsi dan emisi gas buang .....	35
B. Penelitian Relevan .....	35
C. Kerangka berpikir .....	36
D. Hipotesis Penelitian .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Desain Penelitian .....	38
B. Definisi Operasional .....	39
C. Variabel Penelitian.....	40
D. Subjek Penelitian .....	40
E. Jenis dan Sumber Data .....	41
F. Instrumen Pengumpulan Data .....	42
G. Teknik Pengumpulan Data .....	45
H. Teknik Analisa Data .....	46
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Data Hasil Penelitian .....	48
B. Analisis Data Hasil Pengujian .....	51
C. Pembahasan .....	56
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran .....	65

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	66
<b>LAMPIRAN</b> .....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus pembakaran normal, knocking, preignition .....	13
2. Sistem pengapian konvensional.....	27
3. Rangkaian TCI .....	30
4. TCI yang akan digunakan .....	31
5. Kerangka berpikir penelitian .....	35
6. Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar .....	57
7. Grafik rata rata konsumsi bahan bakar .....	59
8. Grafik rata rata emisi gas buang CO .....	60
9. Grafik rata rata emisi gas buang HC .....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Fraksi hydrocarbon hasil penyulingan minyak bumi .....	8
2. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah manusia .....	20
3. Pola penelitian .....	36
4. Spesifikasi Toyota Kijang .....	39
5. Pengujian konsumsi bahan bakar tanpa menggunakan TCI.....	42
6. Pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan TCI.....	44
7. Pengujian emisi gas buang tanpa menggunakan TCI.....	44
8. Pengujian emisi gas buang menggunakan TCI.....	44
9. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar tanpa menggunakan TCI.....	47
10. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan TCI .....	48
11. Hasil pengujian emisi gas buang tanpa menggunakan TCI.....	48
12. Hasil pengujian emisi gas buang menggunakan TCI .....	49
13. Tabel data hasil pengujian konsumsi bahan bakar dengan uji T .....	51
14. Tabel data hasil pengujian emisi gas buang CO dengan uji T.....	53
15. Tabel data hasil pengujian emisi gas buang HC dengan uji T.....	54
16. Data hasil pengujian volume konsumsi bahan bakar tanpa TCI .....	55
17. Data hasil pengujian volume konsumsi bahan bakar dengan TCI.....	56
18. Data rata rata pengujian volume konsumsi bahan bakar toyota 5k .....	56

19. Perbandingan volume konsumsi bahan bakar toyota 5k .....	56
20. Rata rata konsumsi bahan bakar toyota 5k .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Halaman
1. Surat izin melaksanakan penelitian .....	70
2. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian .....	71
3. Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar (mf).....	72
4. Analisis Data Standar Deviasi .....	78
5. AnalisaPenyelesaianHasil <i>Uji t</i> .....	84
6. Analisis persentase penurunan emisi gas buang CO .....	89
7. Analisis Data Standar Deviasi Emisi Gas CO .....	91
8. AnalisaPenyelesaianHasil <i>Uji t</i> .....	97
9. Analisis persentase penurunan emisi gas buang HC .....	102
10. Analisis Data Standar Deviasi Emisi Gas HC .....	104
11. AnalisaPenyelesaianHasil <i>Uji t</i> .....	110
12. Dokumentasi penelitian .....	114
13. Tabel Uji T .....	120

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Jumlah penduduk didunia tiap tahunnya terus mengalami peningkatan, ini juga berdampak kepada kebutuhan manusia akan energi juga mengalami peningkatan. Ditambah lagi dengan ketegantungan manusia akan energi fosil yang dikonversi menjadi bahan bakar. Seiring dengan itu kebutuhan manusia akan bahan bakar terus meningkat di karenakan kebutuhan masyarakat akan alat transportasi juga terus meningkat, ini dapat dilihat dari angka pertumbuhan kendaraan bermotor tiap tahunnya terus naik. Menurut data Korp Lalu Lintas Kepolisian Republik Indonesia (KorlantasPolri) populasi kendaraan bermotor tahun 2013 mencapai 104.211 juta unit naik 11 persen dari tahun sebelumnya (*otomotif.kompas.com*).

Mobil sendiri sebagai salah satu alat transportasi yang banyak terdapat di Indonesia menggunakan mesin pembakaran dalam berbahan bakar bensin. Bensin sendiri termasuk pada sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui adalah sumber daya alam yang sangat sulit dihasilkan kembali setelah digunakan bahkan tidak dapat digunakan lagi. Jika jumlah kendaraan bermotor selalu bertambah maka kebutuhan akan bahan bakar minyak akan meningkat, maka jumlah ketersediaan bahan bakar minyak akan semakin cepat habis

dan seiring dengan itu emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan bermotor ikut meningkat. Artinya ketersediaan bensin sebagai bahan bakar minyak akan habis jika dipergunakan dan tidak ditemukan solusi pengganti atau bahan bakar alternatif pengganti bensin. *BP Statistical Review* mencatat pada 2013 stok minyak Indonesia tersisa 3,7 Milyar Barel, dengan produksi saat ini diantara 840.000 barel perhari, maka stoknya akan habis dalam jangka waktu 10-11 tahun lagi (*detik.com*).

Salah satu cara untuk mengatasi terbatasnya persediaan bahan bakar fosil ini, para produsen kendaraan bermotor mulai melakukan pengembangan teknologi kendaraan mereka. Sehingga konsumsi bahan bakar kendaraan lebih efektif. Ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan mengurangi bahan bakar yang terbuang karena pembakaran yang tidak sempurna. Salah satu yang berperan penting untuk mendapatkan pembakaran yang efektif adalah sistem pengapian, maka dari itu para produsen kendaraan berusaha mengembangkan teknologi agar bisa mendapatkan sistem pengapian yang tepat dan mendapatkan saat pengapian yang tepat pada waktunya.

Masih banyaknya kendaraan di Indonesia yang masih mengaplikasikan sistem pengapian konvensional, sedangkan dari yang kita tau, kendaraan yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional proses pembakarannya belum sempurna dan memiliki kelemahan seringnya setelan platina melenceng dari standar akibat penggunaan. Hal ini tentu

menyebabkan kinerja kendaraan menjadi tidak baik yang berakibat pada tidak sempurnanya proses pembakaran.

Untuk itu, diperlukanlah inovasi untuk membantu kerja platina itu sendiri dalam menghubungkan dan memutuskan arus. Salah satu alat yang dijual dipasaran yang diyakini dapat membantu kerja platina tersebut yaitu TCI. TCI sendiri merupakan suatu alat yang telah banyak diaplikasikan oleh pengguna kendaraan lama pada kendaraannya. Dari observasi yang peneliti lakukan melalui sosial media *Facebook* pada Group TKCI (Toyota Kijang Club Indonesia) tentang pengaplikasian TCI pada kendaraan yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional, banyak diantara member TKCI mengaplikasikan TCI pada mobil mereka yang masih mempergunakan sistem pengapian konvensional. Dari keterangan member group tersebut tentang dampak positif penggunaan TCI peneliti mendapatkan kesimpulan bahwa penggunaan TCI pada kendaraan mereka memberikan pengaruh terhadap performa kendaraan mereka.

Berdasarkan dari pengamatan tersebut, peneliti tertarik untuk meneliti tentang bagaimana pengaruh penggunaan TCI pada kendaraan yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dari kendaraan tersebut. Nantinya peneliti akan melakukan penelitian menggunakan mesin Toyota 5 K yang mana peneliti akan membandingkan bagaimana pengaruh kendaraan yang belum menggunakan TCI dibandingkan dengan pemasangan TCI terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin 5 K tersebut..

Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang penggunaan TCI (*Transistor Controlled Ignition*) pada mesin toyota 5k. Dalam penelitian ini penulis akan membandingkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang mesin toyota 5k yang menggunakan platina dengan yang menggunakan TCI.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Masih banyaknya pengendara yang masih menggunakan kendaraan yang masih menggunakan sistem peengapian konvensional.
2. Sistem pengapian konvensional (platina) yang masih mempunyai kekurangan dan menyebabkan konsumsi bahan bakar tidak efisien.
3. Keinginan konsumen untuk menjadikan kendaraannya yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional memiliki performa yang lebih baik.
4. Masih banyaknya konsumen yang belum mengetahui tentang keunggulan penggunaan TCI terhadap kendaraan mereka.

## **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas dan keterbatasan kemampuan penulis maka penulis membatasi masalah hanya dengan meneliti perbandingan sistem pengapian platina dengan sistem pengapian tci (*transistor controlled*

*ignition*) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin empat langkah.

#### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan sistem pengapian platina dengan sistem pengapian tci (*transistor controlled ignition*) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin empat langkah.

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan sistem pengapian platina dengan sistem pengapian tci (*transistor controlled ignition*) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin empat langkah.

#### **F. Asumsi Penelitian**

Adapun asumsi dari penelitian ini adalah:

1. Mesin yang digunakan dalam keadaan standar.
2. Bahan bakar yang digunakan sama kualitasnya pada setiap pengujian yaitu premium.
3. Jenis mesin yang digunakan sama pada setiap pengujian yaitu mesin 5K.
4. Alat ukur yang digunakan adalah alat ukur yang sudah distandarkan dan dalam kondisi baik serta layak di gunakan.
5. Kondisi putaran mesin pada saat penelitian dianggap sama dan mewakili kondisi sebenarnya dilapangan

6. Waktu pengukuran akan dimulai saat kendaraan mencapai suhu kerja yaitu sekitar  $\pm 90^{\circ}\text{C}$ .

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

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan untuk mengetahui perbandingan penggunaan platina dengan TCI (*transistor controlled ignition*) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin Toyota 5K.
2. Menginformasikan dan memberikan masukan kepada pengguna kendaraan yang masih menggunakan platina manfaat dari penggunaan TCI.
3. Bagi penulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan di Universitas Negeri Padang.
4. Sebagai referensi atau masukan bagi penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Kajian Teori.**

##### **1. Bahan Bakar**

James D. Halderman (2012 : 81) menyatakan bahwa “bensin adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan campuran kompleks berbagai hidrokarbon yang halus dari minyak mentah untuk digunakan sebagai bahan bakar mesin”. Dikutip dari Toyota step 2 (1972:2-1) “bensin adalah hasil yang diperoleh dari pemurnian nephta yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk motor bakar (*internal combustion engine*). Yang dimaksud dengan nephtana adalah suatu minyak ringan (*Ligh Oil*) yang mempunyai sifat antara *gasoline* dan *kerosine*”.

Bensin berasal dari minyak bumi yang berasal dari pelapukan jasat hewan-hewan yang terjadi berpuluh-puluh ribu tahun yang lalu. Untuk mendapat kan bensin yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor maka minyak bumi tersebut dilakukan penyulingan-penyulingan. Dari hasil penyulingan tersebut tidak hanya bensin saja yang dihasilkan tapi banyak lagi jenis bahan bakar yang lainnya yang dapat dimanfaatkan. Seperti yang diterangkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 1. fraksi hydrocarbon hasil penyulingan minyak bumi**

Fraksi	Ukuran molekul	Titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kegunaan
Gas	$\text{C}_1 - \text{C}_5$	- 160 – 30	Bahan bakar (LPG) sumber hidrogen
Eter petrolium	$\text{C}_5 - \text{C}_7$	30 – 90	Pelarut, binatu kimia ( <i>dry cleaning</i> )
Bensin ( <i>gasoline</i> )	$\text{C}_5 - \text{C}_{12}$	30 – 200	Bahan bakar motor
Kerosin, minyak diesel/solar	$\text{C}_{12} - \text{C}_{18}$	180 – 400	Bahan akar mesin diesel, bahan bakar industri, untuk cracking
Minyak pelumas	$\text{C}_{16}$ ke atas	350 ke atas	Pelumas
Parafin	$\text{C}_{20}$ ke atas	Merupakan zat dengan titik cair rendah	Lilin
Aspal	$\text{C}_{25}$ ke atas	Residu	Bahan bakar dan pelapis jalan raya

Sumber : Michael Purba (2007:93)

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.

Menurut Michael Purba (2007:92) “bensin adalah suatu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk kendaraan bermotor roda dua, tiga, atau empat”. Julius Jama menyatakan bahwa “Bahan bakar bensin merupakan persenyawaan *Hydrokarbon* yang diolah dari minyak bumi.

Premium adalah bensin dengan mutu yang telah diperbaiki/disempurnakan, bahan bakar yang umum digunakan untuk sepeda motor adalah bensin”

## 2. Konsumsi Bahan Bakar

### a. Pengertian Konsumsi Bahan Bakar

Menurut Jalius Jama (2009: 28) menyatakan “Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah angka yang menunjukkan berapa banyak kilometer yang dapat ditempuh oleh motor dengan 1 liter bensin”. Dalam Toyota Engine Group Step 2 (1972: 1-8) “Pemakaian bahan bakar adalah angka yang menunjukkan jarak tempuh kendaraan tiap 1 liter bahan bakar”.

Dari pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang diperlukan oleh mesin dalam waktu tertentu. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar :

$$F_c = \frac{V}{t} \cdot bb \cdot \frac{3600}{1000} \text{ kg/jam}$$

(H.N Gupta 2009: 504)

Dimana :

$F_c$  : Jumlah pemakaian bahan bakar

$V$  : Volume bahan bakar

$T$  : Waktu yang digunakan (detik)

$bb$  : Massa jenis bahan bakar (bensin 0,7329 gr/cm<sup>3</sup>)

$\frac{3600}{1000}$  : : Bilangan konversi

## **b. Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Bahan Bakar**

### 1) Campuran udara dan bahan bakar

Menurut R.S Northop (1995: 65)

“Perbandingan campuran udara dan bensin yang tepat dapat dinyalakan dengan sempurna menurut ilmu kimia adalah 15 bagian udara harus dicampur dengan 1 bagian bensin dalam ukuran berat, tetapi campuran dengan komposisi 15 : 1 ini tidak dapat menghasilkan tenaga maksimum pada berbagai kecepatan mesin, bahkan secara umum tidak membuat pemakaian bahan bakar menjadi ekonomis”.

Perbandingan ideal campuran udara dan bahan bakar menurut Eka (2007: 43) “Jika perbandingan 0,067 : 1 artinya 0,067 kg bensin akan terbakar habis secara sempurna oleh udara sebanyak 1 kg, atau sebaliknya 1kg bensin akan habis terbakar oleh udara sebanyak  $1/0,067 = 14,9$  kg atau  $\pm 15$  kg udara”. Bonnick (2008: 185) menyatakan “Perbandingan campuran udara dan bahan bakar untuk pembakaran sempurna yaitu kira-kira 15 : 1 atau persisnya 14,7 : 1”.

### 2) *Timing* pengapian

Pembakaran didalam silinder akan menentukan besarnya konsumsi bahan bakar diproses pembakaran tersebut. Pada motor bensin, penyalaan campuran udara dan bahan bakar dibakar oleh percikan bunga api dari sistem pengapian.

Menurut Wahyu Hidayat (2012: 193)

“Saat mesin bekerja pada putaran rendah, waktu buka katup isap tidak perlu lama. Waktu buka katup

diperlambat dan tutupnya dipercepat sehingga bahan bakar yang diperlukan mesin tetap sedikit. Selanjutnya, bila saat percepatan, hal ini menyebabkan kebutuhan mesin terhadap bahan bakar dan udara makin besar. Katuppun membuka lebih cepat dan waktu menutup diperlambat, artinya waktu buka katup masuk lebih lama. Dengan demikian, jumlah udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam mesin jadi lebih banyak”.

### 3) Percikan bunga api

R.S Northop (1995: 65) “Arus tegangan tinggi akan mengalir dari distributor menuju elektroda tengah busi dan kemudian loncatan berupa api pada kedua elektroda busi, agar mesin hidupnya baik berarti loncatan api ini harus cukup untuk menyalakan bahan bakar secara keseluruhan yang ada didalam ruang bakar”.

Wahyu Hidayat (2012: 149)

“Busi merupakan salah satu komponen utama dan penting dalam sistem pengapian, yaitu sebagai komponen yang langsung menghasilkan loncatan/percikan api dari ujung elektroda busi ke masa busi yang seketika akan terjadi pembakaran campuran udara dan bahan bakar dalam ruang bakar kendaraan. Lebih jelasnya, busi sangat penting pada mesin bensin karena fungsinya adalah membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan didalam ruang bakar”.

### 4) Perbandingan kompresi

Amien Nugroho (2005: 158) menyatakan, “Kompresi adalah langkah untuk menaikkan tekanan campuran udara dan bahan bakar didalam silinder yang kemudian pada akhir langkah kompresi ini terjadi pembakaran oleh busi”. R.S

Northop (1995: 21) menyatakan, “Semakin banyak bahan bakar yang dihisap kedalam ruang silinder, semakin besar pula kompresi yang dihasilkan, maka akan semakin besar pula tenaga mesin yang didapat”.

Boentarto (2005: 30) menyatakan “Hasil pembakaran dalam silinder motor sangat dipengaruhi oleh tekanan kompresinya. Tekanan kompresi yang tidak cukup akan mengakibatkan pembakaran tidak sempurna”.

Amien Nugroho (2005: 214) menyatakan, “Perbandingan kompresi atau *compression ratio* adalah perbandingan volume campuran bahan bakar dan udara ketika torak sampai diujung langkah kompresi (pemampatan)”. Wahyu Hidayat (2012: 25) menyatakan “Perbandingan Kompresi ialah perbandingan antara volume silinder dengan volume ruang bakar atau ruang kompresi dinyatakan :

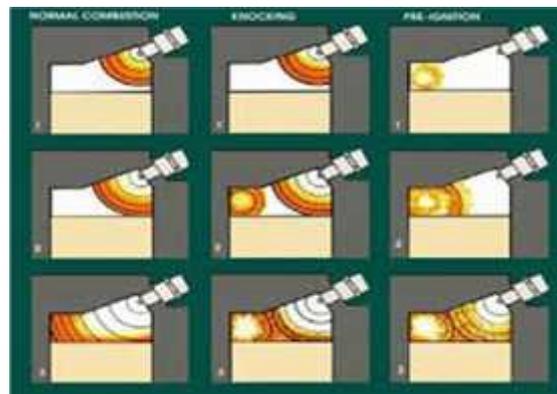
$$r = V_L + V_s / V_s = V_t / V_s \text{ atau } r = V_L / V_S + 1$$

Perbandingan kompresi motor bensin berkisar antara 6 : 1 sampai dengan 12 : 1”.

##### 5) Proses pembakaran

Heywood (1988: 372) menyatakan bahwa “Pembakaran terbagi menjadi empat tahap yang berbeda yaitu pemicu pengapian, pengembangan awal api, perambatan api dan pemutusan api“. Menurut Ralp J.F (1982: 103) “Pembakaran

adalah suatu reaksi cepat suatu senyawa dengan oksigen, disertai dengan pembakaran kalor/panas”. BPM. Arends dan H. Berenschot (1980: 76) menyatakan “Pembakaran diawali dengan loncatan api busi pada akhir langkah pemampatan”. Berdasarkan pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa pembakaran adalah sebuah proses oksidasi cepat yang menghasilkan panas/kalor.



Gambar 1.  
Siklus pembakaran normal, knocking, preignition  
*Sumber : BPM. Arends & H. Berenschot*

Pada motor bensin terdapat dua kemungkinan yang bisa terjadi pada proses pembakaran, yaitu :

a) Pembakaran sempurna (normal)

Menurut Ralp.J.Fessenden (1982: 103) “Pembakaran sempurna ialah penguahan suatu senyawa menjadi CO dan H O, jika persediaan Oksigen tidak cukup terjadilah pembakaran tidak sempurna”. Heywood (1988: 375) juga menyatakan “Pembakaran normal dimana percikan bunga api dari busi yang menyalakan api dan bergerak terus

keruangan pembakaran sampai semua terbakar dengan sempurna”. Gupta (2009: 159) menyatakan “Pembakaran disebut normal ketika penyebaran nyala api berlanjut keujung dari ruang pembakaran tanpa ada perubahan secara mendadak atau secara teratur dalam bentuk dan kecepatannya”. Daryanto (2013: 68) “Pembakaran dapat sempurna apabila udara dan bensin dalam perbandingan campuran yang sesuai campuran mudah terbakar oleh nyala api semua oksigen dan semua bensin terbakar habis”.

Berdasarkan beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa pembakaran sempurna dapat terjadi apabila percikan bunga api dapat merambat keseluruhan silinder secara merata sehingga dapat membakar habis campuran bahan bakar dan udara didalam silinder.

#### b) Pembakaran tidak sempurna

##### (1) Detonasi/knocking

Menurut James (2012: 86) menyatakan “Knocking adalah suatu ketukan pada mesin yang disebabkan karena pembakaran yang tidak normal didalam silinder”. Menurut Turns (2000: 598) “Detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari energi yang dilepaskan dari proses pembakaran”. BPM. Arends &

H.Berenschot (1980: 61) menyatakan “Terjadinya pembakaran tidak teratur dan tidak terawati yang mengakibatkan pembebanan terlalu berat dari mekanismenya. Gerakan dari gas terhadap logamnya memberi suara seperti pukulan yang disebut detonasi (lebih lazim disebut ‘*pingelen*’). Menurut R.S Northop (1995: 114) “Ketukan keras yang terjadi pada ruang bakar sebelum rembetan api dari busi membakar seluruh bahan bakar yang ada, hal ini dapat terjadi sebagai akibat panas yang berlebihan pada mesin, angka oktan mesin tidak cocok dengan *ratio kompresi* mesin atau kompresi masih terlalu rendah”.

## (2) Preignition

Menurut Bonnick (2008: 185) “PreIgnition ditandai dengan suara lengkingan yang tinggi, yang dikeluarkan saat pembakaran terjadi sebelum percikan api dari busi, disebabkan oleh temperatur yang tinggi”. Gupta (2009: 173) menyatakan “Preignition adalah penyalaan campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh permukaan panas didalam ruang pembakaran sebelum terjadi pengapian normal”. R.S Northop (1995: 114) menyatakan “Terbakarnya arang pada puncak torak atau ruang bakar akan menyebabkan bahan bakar

menjadi menyala sebelum businya memercikkan api, ini dapat terjadi sebagai akibat setelan pengapian yang terlalu lambat dan temperatur mesin ada diatas temperatur normal”. Dapat disimpulkan bahwa Pre Ignition adalah proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh suhu yang tinggi.

### **3. Emisi Gas Buang Kendaraan**

#### **a. Pengertian emisi gas buang**

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang dibakar didalam ruang bakar pada kendaraan bermotor. Menurut Wardan (1989: 345) menyatakan bahwa “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).”

Menurut Chambers & Masters dalam Mukono (2003:6) “pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia kedalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu sehingga dapat dideteksi manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material”.

Sedangkan menurut Haryono (1996:38) “pencemaran udara umumnya diartikan sebagai udara yang mengandung satu atau lebih bahan kimia dalam konsentrasi yang cukup tinggi untuk dapat menyebabkan gangguan atau bahaya terhadap manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan dan harta benda.

Penyebab pencemaran udara terjadi dari akibat kegiatan manusia. Dengan perkembangan teknologi, justru telah membuat pengaruh yang buruk terhadap alam dan lingkungan serta kehidupan manusia pemakai teknologi itu sendiri.

Mostardi dalam mukono (2003:7) “penyebab pencemaran di atmosfer biasanya berasal dari sumber kendaraan bermotor dan industri. Bahan pencemar yang dikeluarkan antara lain adalah  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , HC dan CO yang dapat dihasilkan oleh proses pembakaran oleh mesin yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari bahan fosil”.

Gas buang yang dihasilkan kendaraan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu gas yang beracun dan gas yang tidak beracun. Zainal & Sukoco (2009:37) mengatakan “bermacam-macam gas buang yang dipersoalkan karena beracun adalah  $\text{NO}_x$ , HC, CO”. Hal mengenai sifat, sumber penyebab, dan pengaruh buruknya yaitu:

#### 1) CO (*Carbon Monoxida*)

Tidak bewarna dan tidak beraroma. tidak mudah larut dalam air. Di dalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan

mengeluarkan asap biru dan menjadi CO<sub>2</sub> (*carbon diooxida*). Berasal dari kendaraan bermotor 93%, power generator 7%, terutama tempat sumbernya adalah pada kendaraan disaat *idling*.

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

**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 pusing, mual, berkunang-kunang

*Sumber : srikandi (1992)*

*Karbon Monoksida* (CO) yang terdapat di alan ini terbentuk dari proses dibawah ini :

- a) Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b) Reaksi antar karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.

- c) Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan oksidasi.

Sedangkan menurut Wardan Suyanto (1998:345) bahwa:

“*Karbon Monoksida* (CO) terciptadari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya/gemuk (kekurangan oksigen)”. Unsur Carbon di dalam bahan bakar dalam suatu proses sebagai berikut:  $2C+O_2 \longrightarrow 2CO$ . CO yang di keluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin”.

Dari keseluruhan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar bensin tersebut, CO merupakan salah satu emisi yang memiliki presentase cukup besar. Selain itu, gas CO juga memiliki efek yang paling berbahaya bila dibandingkan dengan emisi gas yang lain.

(Srikandi 1992:94) menyatakan

“Karbon Monoksida (CO) adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas  $-192^0$  C. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air. 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.”

## 2) HC (*Hydro Carbon*)

Dikutip dari Wisnu (2004: 51) menyatakan “ Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan atau padat. HC Merupakan ikatan kimia dari karbon (C) dan hidrogen (H). Bentuk kimianya dibagi menjadi *Parafine, Nafthaline, Olefine* dan aromaik  $N_2O$  karena tidak, tiak menjadi persoalan. 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 di nyatakan 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 merasang terbentuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru”.

## 3) $NO_x$ (*Nitro Oksida*)

Menurut Srikandi (1992: 104) “Nitrogen oksida ( $NO_x$ ) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas Nitrik okside (NO) dan Nitrogen okside ( $NO_2$ ). Nitrik oksida merupakan

gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya Nitrogen okside mempunyai warna kemerahan dan berbau tajam”.

Terutama terbentuk NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>. Gas yang tidak berbau tidak berwarna, sukar larut dalam air, di dalam udara karena gesekan akan menjadi NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> adalah zat gas yang berwarna agak kemerahan dan sedikit berbau, mudah larut dalam air dan bereaksi dengan air menjadi asan nitrit atau nitrat. Sumber timbulnya adalah gas buang dari kendaraan gas yang timbul dari pabrik kimia, serta gas las bakar yang timbul dari bermacam-macam alat-alat pembakaran.

Sumber penyebab dari kendaraan bermotor 39%, pabrik, generator dan penyulingan 61%. Akibat yang ditimbulkan akan membuat sakit (merangsang) hidung dan tenggorokan. Konsentrasi 3-5 Sifat beracunnya akan menimbulkan sukar tidur, batuk-batuk.

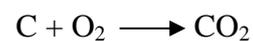
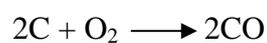
Dari keseluruhan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan berbahan bakar bensin tersebut, CO dan HC merupakan salah satu emisi yang memiliki presentase cukup besar. Selain itu, gas CO dan HC juga memiliki efek yang paling berbahaya bila dibandingkan dengan emisi gas yang lain. Oleh karena itu, gas CO dan HC mendapat perhatian yang khusus dalam penelitian ini

Karbon Monoksida (CO) adalah suatu komponen yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak mempunyai rasa yang terdapat

dalam bentuk gas pada suhu di atas-192<sup>0</sup> C. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air. 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 (Srikandi 1992:94).

Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut (Srikandi, 1992:95):



Reaksi pertama gas CO dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna akibat kurangnya campuran udara. Pada reaksi kedua dengan campuran udara yang mencukupi maka akan terjadi pembakaran yang sempurna dan akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub>. Gas CO terbentuk karena kurangnya udara dalam proses pembakaran. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin rendah perbandingan antara udaradengan bahan bakar, maka semakin tinggi jumlah CO yang dihasilkan.

## **b. Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang Kendaraan**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi emisi gas buang pada kendaraan salah satunya adalah komposisi campuran bahan bakar dan udara, timing pengapian, kecepatan mesin, rasio kompresi.

### **1) Komposisi campuran bahan bakar dan udara**

Menurut Daryanto (2013: 66), "Perbandingan campuran udara dan besin yang ideal adalah 15 Kg udara dengan 1 Kg bensin". Sedangkan menurut Beni (2007) mengatakan, "Perbandingan campuran yang ideal adalah sebesar 1 ( $C_8H_{18}$ ) : 14,7 ( $O_2$ ) (dalam satuan berat)". Hal serupa juga dikatakan Awal (2006: 263) menyatakan, "Untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 udara".

Beni (2007) juga menambahkan, "jika campuran terlalu kurus,  $NO_x$  akan menurun, akan tetapi HC akan meningkat secara mendadak karena adanya kegagalan proses pembakaran. Untuk campuran kaya, kadar  $NO_x$  akan menurun tetapi kadar CO dan HC meningkat". Pendapat yang sama juga dikatakan oleh Awal (2006: 264), pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat  $NO_x$  meningkat, sebaliknya AFR kaya  $NO_x$  menurun tetapi CO dan HC meningkat".

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa, campuran bahan bakar dan udara yang ideal sebesar 14,7 – 15

udara dengan 1 bahan bakar dalam satuan berat. Campuran bahan bakar kaya (kekurangan oksigen) akan menyebabkan kandungan gas karbonmonoksida (CO) dan gas Hidrokarbon (HC) meningkat. Jika campuran bakar bakar kurus (kelebihan oksigen) akan membuat kandungan gas karbonmonoksida (CO) dan gas hidrokarbon (HC) menurun, tetapi gas nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) meningkat.

## **2) Waktu Pengapian**

Menurut Suratman (2001: 131), “Efek dari saat penyalaan bahan bakar yang tepat dapat dilihat dari jumlah Hidrokarbon dan Karbonmonoksida yang dikeluarkan dari lubang knalpot”.

Menurut Gunadi (2010), “Waktu pengapian yang tidak tepat mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga akan menyebabkan kecenderungan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi tinggi”. Gunadi (2010), juga menyatakan, “Perubahan waktu 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 dratis”.

Berdasarkan kutipan didapat disimpulkan bahwa, waktu pengapian dapat mempengaruhi jumlah kandungan emisi gas buang, karena saat pengapian yang tidak tepat dapat membuat

proses pembakaran didalam ruang bakar tidak terjadi secara sempurna sehingga emisi gas buang dari sisa pembakaran campuran bahan bakar dan udara menjadi tinggi.

### 3) Kecepatan mesin

Gupta (2009: 552) mengungkapkan bahwa:

*“An icrease in the engine speed improves the combustion process within the cylinder by increasing turbulent mixing and eddy diffusion. This promotes after-oxidaton of the quenched layer and rduces HC concentrations. At higher speeds, the exhaust port turbulence also increases which promotes exhaust system oxidation reactions of HC through better mixing, resulting in reduced HC. Spedd has no effect on CO concentrations because oxidation of CO in the exhaust is kinetically limited rather than mixing limited at the normal exhaust temperatures”*

Arti dari kutipan diatas adalah:

“Meningkatnya kecepatan mesin dapat meningkatkan proses pembakaran dalam silinder dengan meningkatnya turbulensi campuran dan menyebabkan menurunnya konsentrasi HC dan lapisan oksidasi. Kecepatan tidak berpengaruh pada konsentrasi CO karena oksidasi CO Dalam knalpot kinetik terbatas dibanding campuran pada suhu knalpot normal”.

Marlok (1992) dalam Donny Fernandes (2009: 81), menyatakan:

“Semakin tinggi kecepatan kendaraan yang digunakan pada suatu kendaraan bermotor, maka jumlah HC dan CO yang dikeluarkan semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan NO<sub>2</sub>, dimana semakin tinggi kecepatan kendaraan yang digunakan pada suatu kendaraan bermotor, maka jumlah NO<sub>2</sub> yang dikeluarkan semakin besar”.

Berdasarkan kutipan di atas dapat di simpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan mesin maka proses pembakaran dalam silinder akan meningkat dan turbolensi campuran antara bahan bakar dan udara juga akan meningkat yang menyebabkan menurunnya konsentrasi HC dan CO, tetapi berbanding terbalik dengan NO<sub>2</sub> semakin tinggi kecepatan mesin maka NO<sub>2</sub> yang dikeluarkan semakin besar.

#### 4) Rasio kompresi

Gupta (2009: 552) menyatakan bahwa : *“Because HC emissions arise primarily from quenching at the wall surfaces of the combustion chamber, a reduced S/V ratio reduces the concentration of HC emissions. CO concentration is not affected by changes in the S/V ratio.”*

Arti kutipan diatas adalah “karena emisi HC yang dihasilkan terutama dari pemadaman pada dinding permukaan dari ruang pembakaran, berkurangnya rasio kompresi akan mengurangi pemusatan dari emisi HC. Pemusatan CO tidak berpengaruh oleh rasio kompresi”.

## 4. Sistem Pengapian

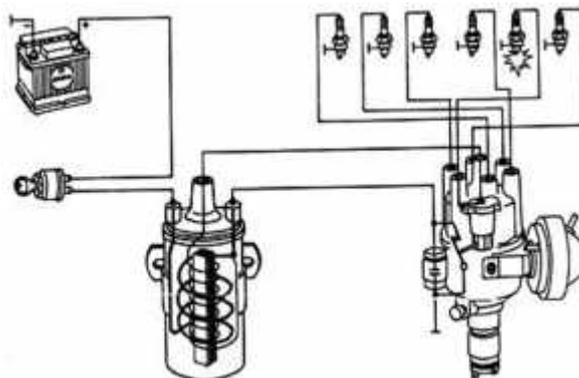
### a. Sistem pengapian konvensional

Wardan (1989 : 266)

”sistem penyalan dengan kontak platina adalah sistem penyalan yang sudah digunakan bertahun-tahun sebelum ditemukannya sistem penyalan yang baru seperti saat ini, oleh karena itulah sistem penyalan ini sering disebut juga dengan istilah sistem penyalan konvensional”.

Wardan (1989 : 266) meyakini “sistem penyalan konvensional ini terdiri dari empat bagian besar yaitu baterai, koil, distributor, dan busi”

Menurut Bintoro (2013 : 9) “Sistem pengapian konvensional adalah sistem pengapian dengan sumber tegangan baterai yang masih menggunakan kontak pemutus dan tanpa komponen elektronik”.



Gambar 2.

Rangkaian sistem pengapian konvensional  
sumber: Direktorat Pembinaan SMK 2008

Prinsip kerja sistem pengapian konvensional ada dua kondisi yaitu kondisi saat kunci kontak ON platina menutup dan Aliran arus listrik pada saat platina membuka.

- 1) Pada saat kunci kontak ON, Platina menutup Aliran Arus Listrik Saat Kunci Kontak ON, Platina Menutup Aliran arusnya adalah sebagai berikut:

Baterai ke Kunci kontak ke Primer koil ke Platina ke Massa. Akibat aliran listrik pada primer koil, maka intikoil menjadi magnet.

- 2) Saat platina membuka Aliran Arus Saat Platina terbuka Saat platina membuka, arus listrik melalui primer koil terputus, terjadi induksi tegangan tinggi pada sekunder koil, sehingga arus akan mengalir seperti dibawah ini:

Sekunder koil ke Kabel tegangan tinggi ke Tutup distributor ke Rotor ke Kabel tegangan tinggi (kabel busi) ke Busi ke Massa.

Akibat aliran listrik tegangan tinggi dari sekunder koil, mampu meloncati tahanan udara antara elektroda tengah dengan elektroda massa pada busi dan menimbulkan percikan bunga api.

Ridwan Adam (2014 : 2) menyatakan:

”Sistem pengapian konvensional adalah sistem pengapian mekanis (konvensional) yang masih memanfaatkan komponen mekanis yaitu (platina) *Contact point* sebagai komponen penentu waktu

percikan bunga api pada busi. *Contact point* berfungsi untuk memutus dan menghubungkan arus listrik ke koil pengapian dan diteruskan ke distributor selanjutnya dibagikan ke busi berdasarkan putaran motor”.

Toyota Engine step 2 (7-30): “Sistem pengapian konvensional mempunyai beberapa kelemahan antara lain:

1. Berkurangnya tegangan tinggi yang dihasilkan *ignition coil* pada saat putaran rendah
2. Perubahan saat pengapian sangat cepat sekali.

Hal tersebut diatas disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: besarnya arus listrik yang mengalir pada *breaker point*, dan terjadinya loncatan bunga api pada *breaker point*”.

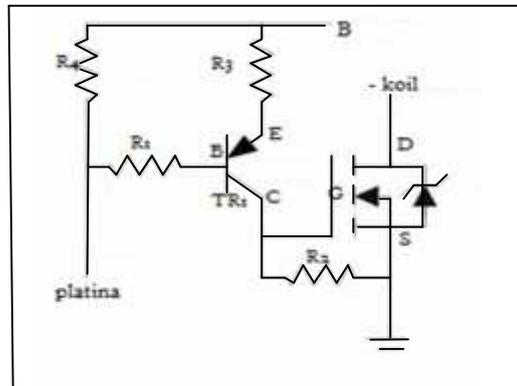
#### b. **Sistem pengapian *Transistor Controlled Ignition (T.C.I)***

##### 1) Devinisi sistem pengapian TCI

Direktorat pembinaan SMK: 293 : “*Transistor controled ignition (TCI)* adalah sistem pengapian dimana fungsi platina digantikan oleh *pickup coil* berbasis transistor”.

“Sistem pengapian TCI adalah sistem pengapian yang rangkaian primernya dikendalikan oleh transistor, sinyal pengendali transistor adalah kontak pemutus yang dialiri arus kecil, arus primer koil bisa lebih tinggi sehingga daya pengapian juga lebih tinggi”. ([httpdc-4one.blogspot.com/2014/09/sistem-pengapian-mesin.html](http://dc-4one.blogspot.com/2014/09/sistem-pengapian-mesin.html), diakses 20 april 2015).

## 2) Prinsip kerja TCI



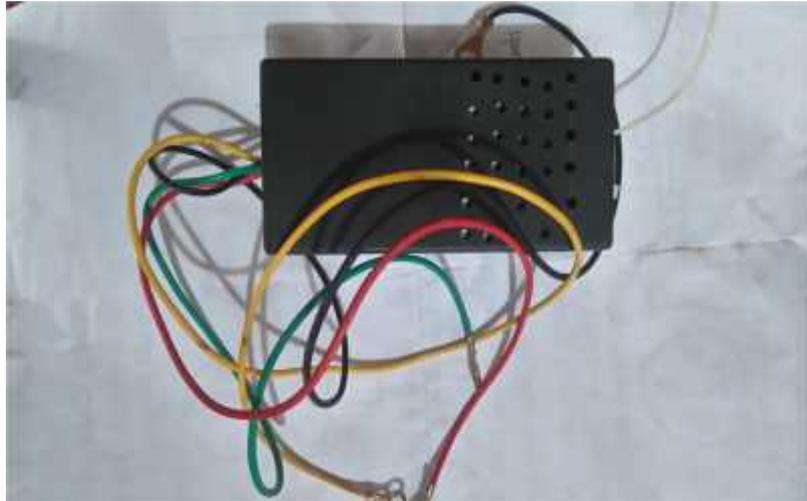
Gambar 3.  
Rangkaian TCI

Sumber : lugupol.wordpress.com

Adapun cara kerjanya kurang lebih sebagai berikut :

Apabila kunci kontak posisi “on” dan platina dalam posisi tertutup, maka arus listrik mengalir dari B koil ke R3 terus ke terminal E pada TR1 ke terminal B. Selanjutnya melalui R1 dan terus ke platina, arus mengalir ke massa, sehingga TR1 menjadi ON. selanjutnya arus dari terminal E TR1 mengalir ke terminal C Selanjutnya arus mengalir melalui R2 menuju terminal S terus ke terminal D pada TR2 yang diteruskan ke (-) koil. Akibatnya arus listrik yang mengalir ke kumparan primer koil, maka terjadi kemagnetan pada kumparan primer koil pengapian.

Apabila platina terbuka maka TR1 akan Off dan TR2 juga akan Off sehingga timbul induksi pada ignition coil yang menyebabkan timbulnya tegangan tinggi pada kumparan sekunder. Tegangan tinggi ini selanjutnya akan di teruskan ke busi sesuai dengan urutan pengapian.



Gambar 4.  
TCI (Transistor Controlled Ignition)  
Sumber : Foto TCI yang akan digunakan

Cara pemasangan TCI pada kendaraan:

- a. Lepas semua kabel yang ada pada terminal platina dan ujung kabel yang dibuka diisolasi agar tidak terjadi hubungan arus pendek.
- b. Lepaskan mur yang ada pada terminal negatif (-) dan terminal B pada koil tanpa melepaskan kabelnya.
- c. Pasangkan kabel TCI yang berwarna merah ke terminal B koil.
- d. Kemudian pasang kabel TCI yang berwarna hijau ke terminal negatif koil.
- e. Pasangkan kabel hitam TCI ke massa bodi, atau bisa dipasangkan pada mur pengikat kondensor.
- f. Pasangkan kabel TCI yang berwarna kuning ke terminal platina sebagai pengganti kabel yang dilepaskan tadi.

- g. Apabila koil hanya mempunyai dua terminal maka kabel merah dipasang ke terminal positif koil.

### 3) Kelebihan TCI dibanding platina

- a. Pengapian yang dihasilkan lebih besar.
- b. Platina yang menjadi sensor TCI tidak perlu di setel setel lagi, bahkan platina bekas sekalipun bisa digunakan.
- c. Dalam sistem pengapian TCI tidak lagi diperlukan kondensor.

## 5. Pengaruh Sistem Pengapian Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang

### a. Pengaruh sistem pengapian terhadap konsumsi bahan bakar

Menurut R.S Northop (1995: 65)

“Arus tegangan tinggi akan mengalir dari distributor menuju elektroda tengah busi dan kemudian loncatan berupa api pada kedua elektroda busi, agar mesin hidupnya baik berarti loncatan api ini harus cukup untuk menyalakan bahan bakar secara keseluruhan yang ada didalam ruang bakar”.

Wahyu Hidayat (2012: 149)

“Busi merupakan salah satu komponen utama dan penting dalam sistem pengapian, yaitu sebagai komponen yang langsung menghasilkan loncatan/percikan api dari ujung elektroda busi ke masa busi yang seketika akan terjadi pembakaran campuran udara dan bahan bakar dalam ruang bakar kendaraan. Lebih jelasnya, busi sangat penting pada mesin bensin karena fungsinya adalah membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan didalam ruang bakar”.

### **b. Pengaruh sistem pengapian terhadap emisi gas buang**

Menurut Suratman (2001: 131), “Efek dari saat penyalaan bahan bakar yang tepat dapat dilihat dari jumlah Hidrokarbon dan Karbonmonoksida yang dikeluarkan dari lubang knalpot”.

Menurut Gunadi (2010), “Waktu pengapian yang tidak tepat mengakibatkan pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga akan menyebabkan kecenderungan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi tinggi”

Selanjutnya Gunadi (2010), juga menyatakan, “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 dratis”.

Berdasarkan pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa sistem pengapian dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan.

## **B. Penelitian relevan**

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah melakukan penelitian tentang memodifikasi sistem pengapian pada kendaraan, diantaranya :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Ridwan Adam M.Nur (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “ Modifikasi *Contact Point Ignition* Sistem menjadi *distributorless ignition system* (DLI) untuk Optimasi Sistem Pengapian”.

Menyatakan pada pengujiannya didapatkan hasil Seiring naiknya putaran *engine* maka *Time delay* semakin singkat. Hal ini sesuai dengan kebutuhan *engine* karena semakin cepat putaran *engine* maka makin singkat waktu pengapiannya.

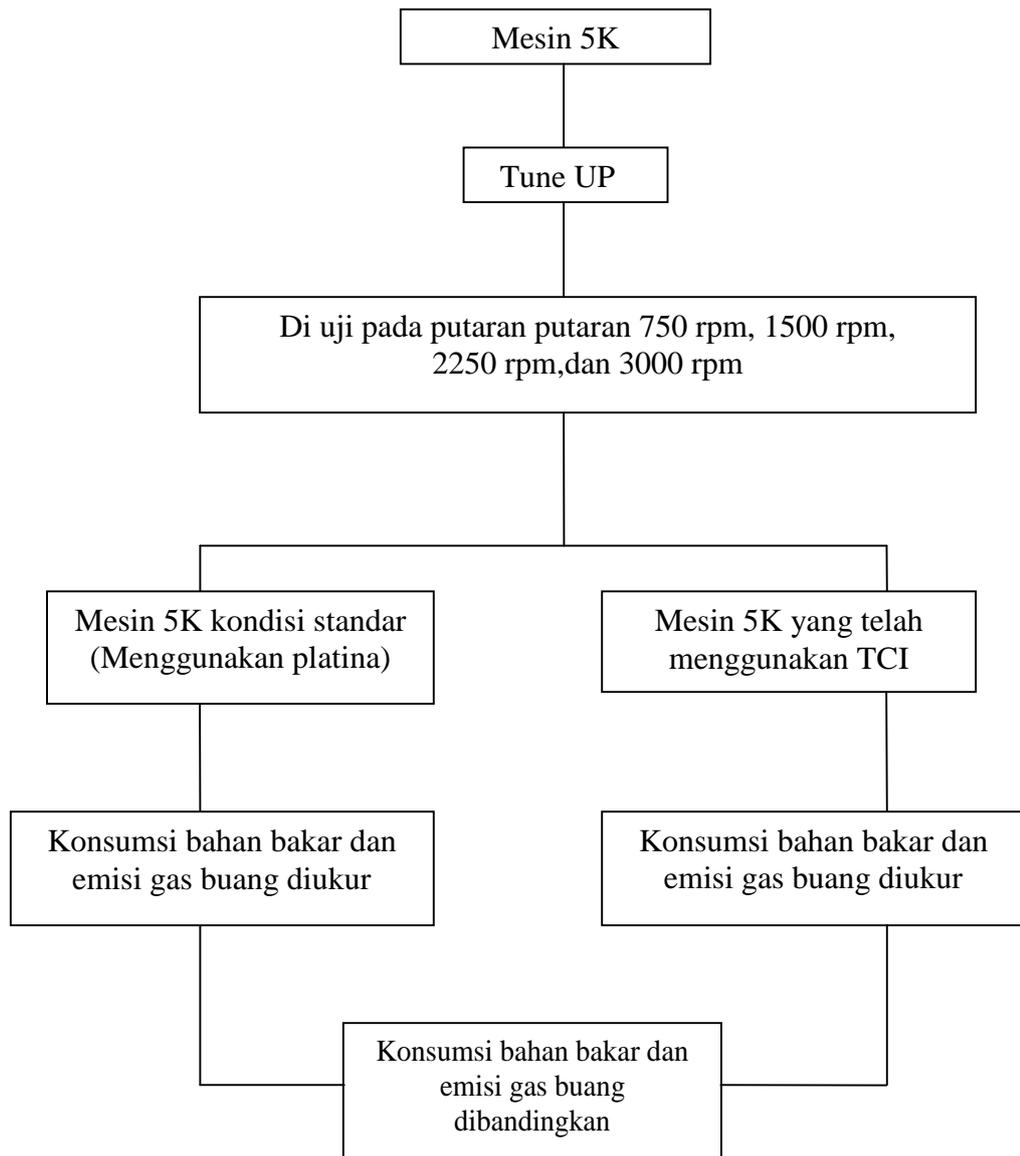
2. Penelitian yang dilakukan oleh Hendrik J.R. sumarauw (2012) dalam penelitiannya yang berjudul “Modifikasi Sistem Pengapian Konvensional menjadi Pengapian Elektronik”.

Menyatakan pada pengujiannya didapatkan hasil Dengan melakukan modifikasi pengapian konvensional menjadi elektronik kita memperoleh keuntungan dimana transistor bekerja menerima dan mengirimkan signal pengapian sehingga pengapian lebih tepat dan menghasilkan daya yang lebih efektif. Disamping itu komponen elektronik dialiri oleh arus pimer yang kecil sehingga daya pengpian menjadi lebih efektif.

### **C. Kerangka berfikir**

Kerangka berfikir pada dasarnya berfungsi untuk menjelaskan secara teoritis hubungan antara variabel yang akan diteliti. Pada penelitian ini kerangka berfikir akan memberikan gambaran tentang pengaruh penggunaan TCI terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin 5K. Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa perlakuan pada mesin 5K. Perlakuan yang diberikan berupa pemasangan TCI sebagai pengganti platina pada sistem pengapian mesin 5K. Nantinya akan dilakukan pengujian pada putaran 750 rpm, 1500 rpm, 2250 rpm, dan 3000 rpm.

Dari penelitian ini akan diketahui seberapa besar pengaruh penggunaan TCI terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin 5K



Gambar 5.  
Kerangka berfikir

#### **D. Hipotesis penelitian**

Berdasarkan kajian teori maka hipotesis dalam penelitian ini yaitu adanya perbedaan yang signifikan penggunaan platina dengan TCI (*transistor controlled ignition*) terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin Toyot

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan penggunaan TCI terhadap konsumsi bahan bakar yang dibuktikan dengan menggunakan uji statistik  $T_{Test}$  Lipson dimana  $T_{Hitung}$  lebih besar dari  $T_{Tabel}$  dengan taraf signifikan 5 % dengan nilai  $T_{Tabel}$  2,920. Setiap putaran mesin, yaitu 750 Rpm  $T_{Hitung}$  7,30 >  $T_{Tabel}$  2,920, putaran 1500 Rpm  $T_{Hitung}$  3,45 >  $T_{Tabel}$  2,920, putaran 2250 Rpm  $T_{Hitung}$  4,00 >  $T_{Tabel}$  2,920 dan putaran 3000 Rpm  $T_{Hitung}$  23,41 >  $T_{Tabel}$  2,920. Setelah dilakukan analisa data secara keseluruhan pada konsumsi bahan bakar dengan menggunakan uji  $t$ , maka diketahui bahwa hipotesis  $H_a$  yang penulis ajukan dapat diterima karena rata-rata  $T_{Hitung}$  lebih besar dari  $T_{Tabel}$  terjadi pada setiap putaran mesin yaitu 9,54 > 2,920, sehingga dengan penggunaan TCI pada mesin Toyota 5K memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan konsumsi bahan bakar.
2. Dengan menggunakan uji  $T_{Test}$  maka terdapat pengaruh yang tidak signifikan penggunaan TCI terhadap emisi gas buang CO pada setiap putaran mesin, putaran 750 Rpm  $T_{Hitung}$  -0,09 <  $T_{Tabel}$  2,920, putaran 1500 Rpm  $T_{Hitung}$  2,71 <  $T_{Tabel}$  2,920 dan terdapat pengaruh yang signifikan pada putaran 2250 Rpm 5,44  $T_{Hitung}$  >  $T_{Tabel}$  2,920 dan putaran 3000 Rpm 4,20  $T_{Hitung}$  >  $T_{Tabel}$  2,920. Setelah dilakukan analisa data secara

keseluruhan pada gas buang CO dengan menggunakan uji  $t$ , maka diketahui  $H_a$  yang penulis ajukan dapat diditerima walaupun tidak pada setiap putaran terdapat pengaruh yang signifikan tetapi rata rata  $T_{Hitung}$   $3,06 > T_{Tabel}$   $2,920$  sehingga dengan penggunaan TCI pada mesin Toyota 5K memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan kadar CO.

3. Menggunakan uji  $T_{Test}$  maka terdapat pengaruh yang tidak signifikan penggunaan TCI terhadap emisi gas buang HC pada setiap putaran mesin, putaran 750 Rpm  $T_{Hitung}$   $-0,95 < T_{Tabel}$   $2,920$ , putaran 1500 Rpm  $T_{Hitung}$   $0,96 < T_{Tabel}$   $2,920$  dan terdapat pengaruh yang signifikan pada putaran 2250 Rpm  $29,55 T_{Hitung} > T_{Tabel}$   $2,920$  dan putaran 3000 Rpm  $23,48 T_{Hitung} > T_{Tabel}$   $2,920$ . Setelah dilakukan analisa data secara keseluruhan pada gas buang HC dengan menggunakan uji  $t$ , maka diketahui  $H_a$  yang penulis ajukan dapat diditerima walaupun tidak pada setiap putaran terdapat pengaruh yang signifikan tetapi rata rata  $T_{Hitung}$   $13,26 > T_{Tabel}$   $2,920$  sehingga dengan penggunaan TCI pada mesin Toyota 5K memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan kadar HC.

## B. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya mengukur berapa besar pengaruh penggunaan TCI terhadap daya yang dihasilkan mesin.

2. Bagi pengguna kendaraan yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional (platina), untuk dapat mengaplikasikan TCI pada kendaraannya agar pemakaian bahan bakar menjadi lebih hemat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amien Nugroho. (2005). *Ensiklopedi Otomotif*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Arikunto, Suharsimi. (2000). *Manajemen Penelitian*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Bintoro (2013). *Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan*. Malang : Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Boertanto (1995). *Kelistrikan Mobil*. Yogyakarta : ANDI Yogyakarta.
- BPM. Arends & H. Berenschot. (1980). *Benzinmotoren*, Terjemahan : Umar Sukrisno, cetakan ke empat, Erlangga, Jakarta.
- Bonnick, Allan. (2008). *Automotive Science And Mathematics*. Burlington : Elsevier.
- Daryanto. (2013). *Prinsip Dasar Mesin Otomotif (Bekal Keterampilan bagi Pemula)*. Bandung : CV. Alfabeta.
- Gupta (2009). *Fundamental Of Internal Combustion Engines*. Delhi : PHI Learning Private Limited.
- Gunadi. (2010). “Pengaruh Waktu Pengapian (Ignition Timing) Terhadap Emisi Gas Buang Pada Mobil Dengan Sistem Bahan Bakar Sistem Injeksi (EFI)”. Laporan Penelitian FT UNY. Hlm. 1-19.
- Heywood, Jhon B (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. United States Amerika : Mc Graw Hill.
- Jalius Jama, dkk. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- James D. Halderman. (2012). *Automotive Fuel And Emission Control System*. New Jersey. Pearson Education, Inc.
- Jujun S. & Suriasmunantri. (1982). *Pedoman Penulisan Tesis dan Disertasi*. Jakarta : FSP IKIP Jakarta.
- Pulkrebek, Willard. (2004). *Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine*. New Jersey : University Of The Wisconsin.
- Purba, Michael. (2006). *Kimia Untuk SMA Kelas X*. Jakarta: Erlangga.