

**ANALISIS PENGGUNAAN TIPE BUSI YANG BERBEDA TEHADAP  
DAYA, TORSI DAN EMISI GAS BUANG PADA  
MESIN EMPAT LANGKAH**

**SKRIPSI**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif  
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan*



**HENGKI PRATAMA PUTRA  
NIM 2019/19073110**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Analisis Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi  
Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah

Nama : Hengki Pratama Putra

Nim/Bp : 19073110/2019

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

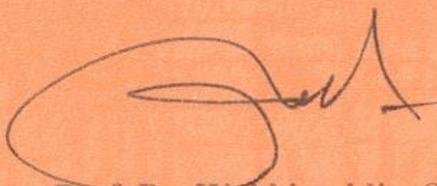
Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

Padang, 11 Februari 2022

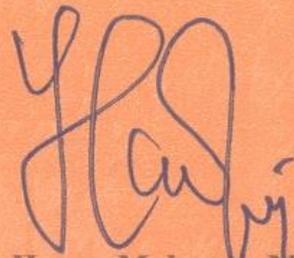
Disetujui Oleh:

Ketua Program Studi  
Pendidikan Teknik Otomotif



Prof. Dr. Wakhinuddin, S., M.Pd.  
Nip. 19600314 198503 1 003

Pembimbing,



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

## PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Hengki Pratama Putra

NIM : 19073110/2019

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji Program  
Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang

Dengan Judul

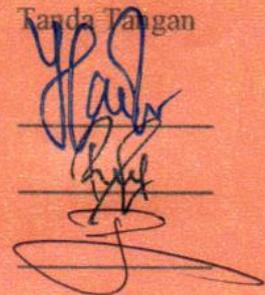
**Analisis Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi dan Emisi  
Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah**

Padang, 11 Februari 2022

Tim Penguji

1. Ketua : Dr. Hasan Maksun, MT
2. Sekretaris : Rifdarmon, S.Pd, M.Pd. T
3. Anggota : Drs. Andrizal, M.Pd

Tanda Tangan





## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hengki Pratama Putra  
NIM/BP : 19073110/2019  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi 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.

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

Padang, 11 Februari 2022  
Yang Menyatakan,



Hengki Pratama Putra  
NIM 19073110

## ABSTRAK

**Hengki Pratama Putra. 2022.** “Analisis Penggunaan Tipe Busi yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah” Skripsi. Padang: Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif (S1), Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Banyaknya busi yang dijual dipasaran yang diklaim dapat meningkatkan daya, torsi, serta dapat menurunkan emisi gas buang. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya, torsi dan emisi gas buang pada mesin 4 langkah. kendaraan yang digunakan yaitu kendaraan Toyota bertipe NR-Engine yaitu dengan objek penelitian mobil Toyota calya 3NR-VE. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan 3 tipe busi. Hasil penelitian daya, torsi dan emisi (CO, CO<sub>2</sub> dan HC) menggunakan busi iridium SC16HR-11 daya 78,63 Kw, torsi 139,2 N.m, emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,97% dan HC 7 ppm. Menggunakan busi platinum LKAR6AGP daya 77,90 Kw, torsi 136,5 N.m, emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,97% dan HC 9 ppm. Menggunakan busi iridium ILKAR6B-11 daya 77,46 Kw, torsi 141,8 N.m, emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,9% dan HC 6 ppm. Daya tertinggi terdapat pada busi iridium SC16HR-11 78,63 Kw, torsi tertinggi terdapat pada busi iridium ILKAR6B-11 141,8 N.m. untuk emisi ketiga busi memiliki nilai yang sama untuk CO dan CO<sub>2</sub> namun untuk HC busi iridium ILKAR6B-11 memiliki nilai terendah yaitu 6 ppm. Namun setelah melakukan uji statistik (uji t) dengan taraf signifikan 5% didapat semua hasil bahwa  $t_{hitung} < t_{table}$  maka artinya hasil menunjukkan perubahan yang tidak signifikan, ini menandakan bahwa tidak adanya perbedaan hasil daya dan torsi maupun emisi yang signifikan dari ketiga tipe busi atau bisa dibilang kemampuan ketiga tipe busi sama dari segi daya, torsi dan emisi gas buang yang dihasilkan.

**Kata kunci:** Busi, Daya, Torsi, Emisi Gas Buang

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah**”.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mengalami kesulitan, hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang penulis miliki. Penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penulis belum tentu dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Prof. Dr. Wakhinuddin, S.M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Wagino, S.Pd, M.Pd.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif.
4. Bapak Dr. Hasan Maksum, MT. selaku Dosen Pembimbing skripsi.
5. Bapak Drs. Martias, M. Pd. selaku Penasehat Akademik.

6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman bagi penulis.
7. Yang paling istimewa untuk kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang mana telah memberikan dukungan, baik moral maupun materil.
8. Teman-teman dan sahabat Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang yang telah memberikan masukan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis berharap semoga bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis mendapat imbalan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi ini sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Padang, 11 Februari 2022

Penulis,

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PERSETUJUAN SKRIPSI</b> .....	i
<b>PEGESAHAN TIM PENGUJI</b> .....	ii
<b>SURAT PERYATAAN TIDAK PLAGIAT</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah .....	7
E. Tujuan Tugas Akhir.....	8
F. Manfaat Tugas Akhir.....	8
 <b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
A. Busi.....	9
1. Pengertian Busi .....	9
2. Komponen Busi .....	10
3. Factor Utama Yang Mempengaruhi Kinerja Busi .....	11
4. Jenis Busi .....	14
5. Tipe Busi.....	17
6. Faktor Dalam Memilih Tingkat Panas Busi .....	23

B. Daya dan torsi.....	25
C. Emisi Gas Baung Kendaraan.....	33
1. Pengertian Emisi Gas Buang .....	33
2. Factor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang .....	40
D. Mesin Empat Langkah.....	45
E. Mesin NR.....	48
F. Penelitian Yang Relavan .....	52
G. Kerangka Berfikir .....	54
H. Hipotesis Penelitian .....	55
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Desian Penelitian .....	56
B. Definisi Operasional .....	57
C. Variabel Penelitian .....	58
D. Objek Penelitia .....	58
E. Jenis Dan Sumber Data .....	59
F. Instrumen Pengumpulan Data .....	59
G. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	60
H. Bahan Penelitian .....	60
I. Prosedur Penelitian .....	60
J. Teknik Dan Alat Pengumpulan Data .....	63
K. Teknik Analisis Data .....	65
 <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian.....	67
B. Pembahasan .....	80
C. Keterbatasan Penelitian .....	86
 <b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan.....	87
B. Saran .....	89
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 92

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine .....	4
Tabel 2. Survei Harga Jual Beli Tipe Busi Kendaran Toyota Tipe NR-Engine .....	5
Tabel 3. Spesifikasi Busi Platinum LKAR6AGP .....	20
Tabel 4. Spesifikasi Busi Iridium SC16HR-11 .....	21
Tabel 5. Spesifikasi Busi Laser Iridium ILKAR6B-11 .....	22
Tabel 6. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Kategori M, N dan O .....	35
Tabel 7. Pengaruh Gas CO Pada Hemoglobin (HB) Didalam Darah Terhadap Kesehatan Manusia .....	36
Tabel 8. Spesifikasi Mesin NR .....	49
Tabel 9. Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine .....	51
Tabel 10. Pola Penelitian.....	56
Tabel 11. Spesifikasi Mobil Toyota Calya 3NR-VE .....	58
Tabel 12. Pengujian daya dan torsi menggunakan busi iridium SC16HR-11..	63
Tabel 13. Pengujian daya dan torsi menggunakan busi platinum LKAR6AGP .....	64
Tabel 14. Pengujian daya dan torsi menggunakan busi iridium ILKAR6B-11	64
Tabel 15. Pengujian emisi gas buang menggunakan busi iridium SC16HR-11 .....	64
Tabel 16. Pengujian emisi gas buang menggunakan busi platinum	

LKAR6AGP .....	64
Tabel 17. Pengujian emisi gas buang menggunakan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	64
Tabel 18. Hasil pengujian daya dan torsi menggunakan busi iridium	
SC16HR-11 .....	67
Tabel 19. Hasil pengujian daya dan torsi menggunakan busi platinum	
LKAR6AGP .....	68
Tabel 20. Hasil pengujian daya dan torsi menggunakan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	68
Tabel 21. Hasil pengujian emisi gas buang menggunakan busi iridium	
SC16HR-11 .....	69
Tabel 22. Hasil pengujian emisi gas buang menggunakan busi platinum	
LKAR6AGP .....	69
Tabel 23. Hasil pengujian emisi gas buang menggunakan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	70
Tabel 24. Hasil uji t daya busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	75
Tabel 25. Hasil uji t daya busi iridium SC16HR-11 dan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	75
Tabel 26. Hasil uji t torsi busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	76
Tabel 27. Hasil uji t torsi busi iridium SC16HR-11 dan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	76
Tabel 28. Hasil uji t CO busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	77
Tabel 29. Hasil uji t CO busi iridium SC16HR-11 dan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	77

Tabel 30. Hasil uji t CO2 busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	77
Tabel 31. Hasil uji t CO2 busi iridium SC16HR-11 dan busi iridium	
ILKAR6B-11 .....	77
Tabel 32. Hasil uji t HC busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	78
Tabel 33. Hasil uji t HC busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum	
LKAR6AGP .....	79

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Bagian Busi .....	10
Gambar 2. Celah Busi .....	12
Gambar 3. Jenis Busi .....	15
Gambar 4. Pengaruh Suhu Operasional Busi .....	16
Gambar 5. Grafik Batas Suhu Busi Yang Baik Antara 450 °C Sampai 800 °C .....	17
Gambar 6. Busi Platinum LKAR6AGP Yang Akan Digunakan .....	19
Gambar 7. A. Busi Iridium SC16HR-11 Dan B. Busi Iridium ILKAR6B-11 Yang Akan Digunakan .....	20
Gambar 8. Busi Resistor .....	23
Gambar 9. Geometri Silinder, Piston, Batang Torak Dan Poros Engkol .....	30
Gambar 10. Langkah Kerja Mesin 4 Langkah .....	45
Gambar 11. Kerangka Berfikir .....	54
Gambar 12. Grafik Pengujian Daya .....	71
Gambar 13. Grafik Pengujian Torsi .....	72
Gambar 14. Grafik Pengujian Kadar CO dan CO <sub>2</sub> .....	73
Gambar 15. Grafik Pengujian Kadar HC .....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan otomotif yang sangat pesat tidak luput dari peranan seorang Nicolas Otto dan E. Langen, dua orang berkebangsaan Jerman telah menemukan sebuah mesin empat langkah pada tahun 1875 dengan menggunakan bahan bakar gas, mesin yang semula menggunakan bahan bakar gas dirubah menjadi mesin berbahan bakar bensin serta diaplikasikan pada kendaraan-kendaraan kecil, Hasan Maksum Dkk, (2012: 1). Dengan perkembangan teknologi yang pesat ini membuat terjadinya percobaan-percobaan penelitian guna mencapai keefektifan maupun keefesiennan suatu teknologi. Keefektifan dan keefesienan suatu teknologi bisa didapat melalui berbagai macam percobaan pengujian penelitian yang baik. Apabila percobaan yang di gunakan tidak di barengi dengan pengujian penelitian yang baik, maka suatu percobaan akan menimbulkan tanda tanya yang berakibat ketidak pastian maupun kegamagan baik atau tidaknya percobaan itu dilakukan belum dapat kita ketahui secara pasti.

Salah satu perkembangan dalam dunia otomotif adalah yaitu Busi pada mobil. Menurut Wahyu (2012: 149) “Busi merupakan salah satu komponen utama yang penting dalam sistem pengapian pada mobil, yaitu sebagai komponen yang langsung menghasilkan loncatan atau percikan api dari ujung elektroda busi ke masa busi yang seketika akan terjadi pembakaran campuran bahan bakar udara dalam ruang bakar kendaraan”. Busi pada mobil saat ini sudah

berkembang, dapat dilihat dipasaran banyaknya pilihan busi mulai dari ukuran, jenis, material maupun tipe busi. Bahkan produsen businya sendiri mengklaim bahwa product busi yang mereka keluarkan dapat meningkatkan performa mesin dari segi daya, torsi, mengurangi konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang kendaraan. Juga busi buatannya walupun bukan bawaan pabrik kendaraan itu sendiri diklaim lebih baik dari segi performa mesin. Seperti product buatan NGK, NGK merupakan salah satu produsen atau perusahaan busi besar didunia otomotif. Perusahaan NGK ini didirikan pada tahun 1936 yang berpusat dikantor Nagoya jepang. NGK memproduksi busi dan juga berbagai macam product untuk motor pembakaran dalam. Sampai sekarang NGK merupakan satu perusahaan besar yang terus berinovasi terhadap busi kendaraan, busi sangat berperan penting terhadap proses pembakaran bahan bakar pada kendaraan bermotor pada motor bensin.

Seperti yang diketahui sesuai buku pedoman Toyota, mesin tipe NR Toyota menggunakan busi bawaan pabrik yaitu busi iridium dengan kode busi SC16HR11 product Denso. yang memiliki harga untuk satu buah busi relatif cukup mahal, yang membuat tidak ekonomis buat pengendalian saat melakukan pengatian busi. Dan juga berdasarkan riset yang dilakukan oleh NGK terhadap kendaraan bertipe *NR-Engine* yaitu “banyak pengendara yang menunda pengatian busi kendaraan akibat harga busi yang relatif mahal akibat penundaan pengatian busi membuat performa mesin berkurang” ujar Jimmy Tjan, Senior Manager Sales & Marketing PT NGK Busi Indonesia, 2020. Di Yuotube Ngk Busi. “Maka tahun 2020 PT NGK Indonesia sudah mengeluarkan busi yang

direkomendasikan khusus untuk mobil NR-engine yaitu busi Platinum dengan kode busi LKAR6AGP dengan harga busi 50% lebih murah dan ekonomis dari busi mobil NR-Engine bawaan pabrik, namun memiliki kemampuan yang sama maupun dapat bersaing dari segi performa mesin maupun efisiensi emisi gas buang kendaraan dari busi bawaan pabrik kendaraan NR-Engine tersebut” ucap Diko Octaviano sebagai technical support PT NGK Busi Indonesia. 2020. di Yuotube NGK busi.

Namun pada tahun 2021 NGK Indonesia merilis busi terbaru untuk kendaraan bertipe NR-Engine yang merupakan lajutan dari product busi Platinum LKAR6AGP yang mana busi terbaru ini bertipe Iridium dengan kode busi ILKAR6B-11 namun pada busi ini dibadrol dengan harga yang lebih mahal dari busi bawaan pabrik kendaraan bertipe NR-Engine itu sendiri, busi ini diklaim mempunyai keunggulan yang lebih dari segi performa mesin dan juga dapat lebih optimal menurunkan emisi gas buang kendaraan dari pada busi bawaan pabrik kendaraan bertipe NR-Engine itu sendiri. “busi ini sangat istimewa yang diciptakan secara khusus, agar dapat bersinergi dengan kendaraan Toyota bertipe NR-Engine. Semua kami lakukan atas permintaan pasar yang cukup besar untuk busi dengan performa tinggi bagi mobil mereka,” ujar takashi shimizu, gm sales & marketing NGK busi Indonesia dalam peluncuran virtualnya, Maret 2021. Sumber: [www.mobilinews.com/artikel/35069/NGK-siapkan-BusiLaserIridiumUntuk-Dukung-Performa-Mobil-Toyota](http://www.mobilinews.com/artikel/35069/NGK-siapkan-BusiLaserIridiumUntuk-Dukung-Performa-Mobil-Toyota).

“NR-engine adalah mesin 4 langkah keluaran Toyota yang memiliki teknologi Dual-VVTi mempunyai penggerak katup DOHC, serta kapasitas mesin 1.200cc sampai 1.500cc. Merek kendararan Toyota bertipe mesin NR-engine biasanya terdapat pada Toyota : Avanza, Rush, Yaris, Vios, Sienta, Agya dan Calya atau lebih gampang nya bisa dilihat dari bodi mobil atau pada tutup saringan udara biasanya terdapat tulisan Dual-VVTi dari situ juga kita dapat memastikan bahwa kendaran Toyota ini bertipe NR-engine” ujar Jimmy Tjan, Senior Manager Sales & Marketing PT NGK Busi Indonesia, 2020. Di Yuotube Ngk Busi. Berikut adalah beberapa kendaraan Toyota bertipe NR-Engine:

**Tabel 1. Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine**

No	Merek mobil	Tahun	Seri mesin	Kapasitas mesin
1	Avanza Veloz	2015	1 NR-VE	1.300 cc
2	Avanza Veloz	2015	2 NR-VE	1.500 cc
3	Toyota Rush	2017	2 NR-VE	1.500 cc
4	Toyota Vios	2016	2 NR-VE	1.500 cc
5	Toyota Sienta	2016	2 NR-VE	1.500 cc
6	Toyota Yaris	2016	2 NR-VE	1.500 cc
7	Toyota Agya	2017	3 NR-VE	1.200 cc
8	Toyota Calya	2016	3 NR-VE	1.200 cc

(Sumber : <https://www.ngkbusi.com>)

Berdasarkan survei yang dilakukan berikut ini harga jual beli busi kendaraan Toyota tipe NR-Engine, busi Platinum LKAR6AGP yang dijual di Medan Motor JL. Moh. Yamin Kota Padang, busi Iridum ILKAR6B-11 yang

dijual di situs jual beli online Bukalapak dan busi Iridium SC16HR11 yang dijual di Auto 2000 JL.khatib Sulaiman Kota Padang.

**Tabel 2. Survei Harga Jual Beli Tipe Busi Kendaraan Toyota Tipe NR-Engine**

No	Tipe busi	Kode busi	Keterangan busi	Harga 1 buah busi	Harga 4 buah busi
1	Busi Iridium	SC16HR11	Busi Denso bawaan pabrik mesin NR-Engine	90.000	360.000
2	Busi Platinum	LKAR6AGP	Busi NGK khusus untuk mobil tipe NR-Engine	40.000	160.000
3	Busi Iridium	ILKAR6B-11	Busi NGK khusus untuk mobil tipe NR-Engine	245.000	980.000

Dari tabel diatas dapat dilihat perbandingan harga yang cukup jauh dari masing-masing tipe busi untuk Kendaraan Toyota bertipe NR-Engine yang akan digunakan. Dari itulah digantilah busi Iridium SC16HR11 bawaan pabrik mobil Toyota bertipe NR-engine, Menjadi busi Platinum LKAR6AGP dan busi Iridium ILKAR6B-11. Dengan harga jual busi yang lebih murah dan lebih mahal dari busi bawaan pabrik mobil Toyota bertipe NR-engine itu sendiri, apakah busi NGK khusus untuk kendaraan Toyota tipe NR-Engine ini, mampu meningkatkan performa mesin (daya dan torsi), maupun juga berperan dalam mengurangi emisi gas buang yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Untuk itu, diperlukan suatu penelitian yang baik dengan melakukan percobaan

pengujian penelitian untuk mengetahui secara pasti, langsung maupun kongkrek apakah busi Platinum LKAR6AGP dan busi Iridium ILKAR6B-11 ini dapat meningkatkan performa mesin (daya dan torsi ) serta menurunkan emisi gas buang secara signifikan dari pada busi kendaraan Toyota bertipe *NR-Engine* bawaan pabrik. dengan cara membandingkan busi iridium SC16HR11 bawaan pabrik mobil Toyota bertipe *NR-Engine* dengan busi Platinum LKAR6AGP dan busi Iridium ILKAR6B-11 terhadap daya, torsi dan emisi gas buang. “Pengetahuan itu dapat diperoleh melalui pengalaman langsung dan pengalaman tidak langsung. Semakin langsung objek yang dipelajari, maka semakin konkret pengetahuan diperoleh semakin tidak langsung pengetahuan itu diperoleh, maka semakin abstrak pengetahuan” Rifdarmon (2018 : 33).

Demikian, penulis ingin melakukan percobaan pengujian penelitian dengan melakukan pergantian penggunaan busi iridium SC16HR11 bawaan pabrik mobil Toyota bertipe *NR-engine* dengan tipe busi keluaran NGK yang direkomendasikan khusus untuk mobil bertipe *NR-Engine* yaitu busi platinum LKAR6AGP dan busi iridium ILKAR6B-11. Dengan ini, maka penulis tertarik membuat judul skripsi penulis yaitu “Analisis Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Empat Langkah”.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka di dapat identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kurangnya pemahaman, masyarakat pemilik kendaraan Toyota bertipe NR-*Engine* tentang penggunaan tipe busi yang berbeda pada kendaraan Toyota bertipe NR-*Engine*.
2. Adanya perbedaan harga tipe busi pada kendaraan Toyota bertipe NR-*Engine*.
3. Semakin banyaknya pilihan busi saat ini pada kendaraan Toyota bertipe NR-*Engine* yang akan membuat pemilik kendaraan bingung, karena semua produsen busi pasti mengatakan busi mereka yang paling baik.

## **C. Batasan Masalah**

Agar peneliti ini tidak menyimpang dari permasalahan yang di teliti, maka penelitian akan dibatasi permasalahannya pada “Melakukan Analisa Penggunaan Tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine”.

## **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka diperlukan suatu perumusan masalah agar penelitian yang dilakukan secara terarah. Adapun rumusan masalah yang diteliti :

1. Bagaimana analisa penggunaan tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Daya Pada Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine ?
2. Bagaimana analisa penggunaan tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Torsi Pada Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine ?

3. Bagaimana analisa penggunaan tipe Busi Yang Berbeda Terhadap Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Toyota Bertipe NR-Engine ?

#### **E. Tujuan Skripsi**

Adapun tujuan yang ingin di capai peneliti adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya pada Kendaraan Toyota bertipe NR-Engine.
2. Melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap torsi pada Kendaraan Toyota bertipe NR-Engine.
3. Melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap emisi gas buang pada Kendaraan Toyota bertipe NR-Engine.

#### **F. Manfaat Skripsi**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti, sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bagi pembaca dan bagi masyarakat pemilik kendaraan Toyota bertipe NR-Engine, sabagai wacana untuk meningkatkan wawasan pengetahuan mengenai penggunaan tipe busi yang berbeda Terhadap Daya, Torsi dan emisi gas buang pada kendaraan Toyota bertipe NR-Engine dan juga sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan busi pada kendaraan Toyota bertipe NR-Engine.
3. Sebagai bahan penelitian lanjutan.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Busi**

##### **1. Pengertian Busi**

Menurut Wahyu (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 bahan bakar udara dalam ruang bakar kendaraan”.

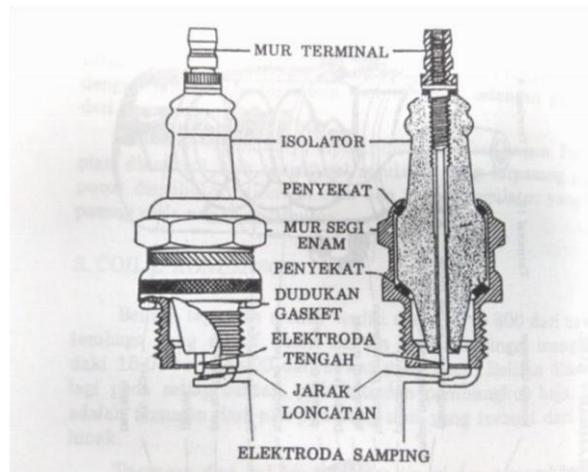
Menurut Wardan. 1989: 282 “Busi berguna menghasilkan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil. Bunga api yang dihasilkan oleh busi ini kemudian dipergunakan untuk memulai pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang sudah dikompresikan didalam silinder”.

Daryanto (2008: 68) menyatakan, “fungsi busi ialah untuk mengadakan pengapian yang diperlukan untuk pembakaran motor, karena itu ia terpasang pada kepala silinder, busi hanya dipakai untuk motor bensin”.

Dari kutipan para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa busi adalah salah satu komponen penting pada sistem pengapian motor bensin yang berguna untuk menghasilkan percikan bunga api sebagai proses awal dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan kedalam ruang bakar untuk menghasilkan tenaga. Busi pada perkembangannya telah banyak menghasilkan jenis dari segi material dan bentuknya sendiri sehingga

menghasilkan ragam jenis masa pakai hingga kemampuan peruntukan mesin tertentu. Akan tetapi bentuk dasar dan fungsi busi tetap sama yaitu untuk menghasilkan loncatan bunga api keruang bakar untuk membakar campuran bahan bakar dan udara.

## 2. Komponen Busi



Gambar 1. Bagian Busi  
Sumber : Daryanto (2008:68)

Fungsi busi ialah untuk mengadakan pengapian yang diperlukan untuk pembakaran motor, karena itu ia terpasang pada kepala silinder, busi hanya dipakai untuk motor bensin. Bagianbagian utama busi ialah:

### a. Terminal

Komponen yang terbuat dari baja ini terhubung dengan kabel tegangan tinggi yang mengalirkan arus listrik dari koil.

### b. Isolator

Untuk mengisolasi agar tidak terjadi kebocoran aliran listrik dari elektroda tengah ke massa, sebagai isolator sering dipakai bahan mika.

### c. Gasket

Penutup untuk mencegah kompresi di ruang bakar tidak mengalir keluar.

d. Sheel (kulit busi)

Ia terbuat dari besi yakni yang menghubungkan elektroda samping dengan massa, dibuat menjadi satu dengan ulir busi.

e. Elektroda tengah dan samping

Jarak antara kedua elektroda tersebut sekitar 0,8 mm dengan adanya tegangan tinggi tersebut maka elektron dapat meloncat pada jarak tersebut sehingga menimbulkan bunga api yang menyebabkan terjadinya pembakaran.

### **3. Faktor Utama yang Mempengaruhi Kinerja Busi**

Jenis pemilihan busi sangat penting, dimana untuk menghasilkan pembakaran yang maksimal maka busi dapat dibedakan dari bentuk, tingkat kepanasan busi dan material busi tersebut.

Pada busi sendiri memiliki kode abjad tertentu untuk menentukan jenis busi, mulai dari tingkat panas, hingga peruntukan kendaraan khusus, kode tersebut pun berbeda-beda pembacaannya tergantung pabrikan dari busi tersebut. Optimalnya kualitas busi adalah tujuan utama para produsen busi agar dapat bersaing dipasaran, sehingga penelitian terus berlanjut agar busi dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional.

Menurut Boentarto (1993: 64) “Busi harus tahan terhadap perubahan temperatur yang mendadak pada ruang bakar. Pada saat terjadi pembakaran busi menjadi sangat panas karena suhu ruang bakar naik. Tetapi pada saat

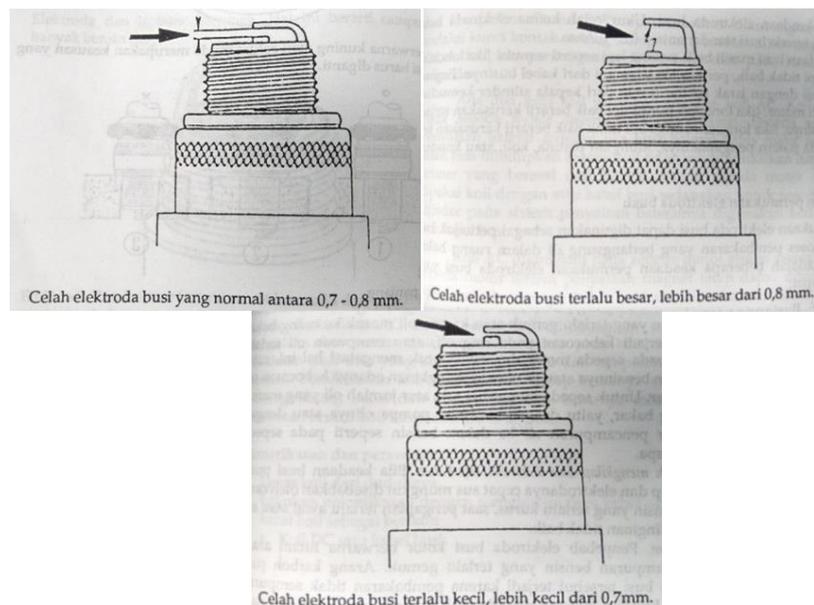
langkah isap atau pembilasan dengan tiba-tiba busi didinginkan oleh gas baru yang masuk”.

Faktor utama yang mempengaruhi kinerja busi, antara lain akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Bentuk elektroda busi

Bentuk elektroda busi pada umumnya adalah tajam berbentuk persegi atau runcing, setelah penggunaan dalam jangka waktu biasanya elektroda busi akan bulat, ini akan mempersulit lompatan bunga api oleh karena itu loncatan bunga api akan menjadi lemah dan menyebabkan terjadinya kesalahan pengapian, sebaliknya elektroda yang tipis atau tajam akan mempermudah percikan bunga api, akan tetapi umur penggunaannya menjadi pendek karena lebih cepat aus.

b. Celah busi



Gambar 2. Celah busi  
Sumber: Boentarto (1993: 70-71)

Konsep dasarnya bila celah elektroda busi lebih besar, bunga api akan menjadi sulit melompat dan tegangan sekunder yang diperlukan untuk itu akan naik. Bila elektroda busi telah aus, berarti celahnya bertambah, loncatan bunga api menjadi lebih sulit sehingga akan menyebabkan terjadinya kesalahan pengapian.

Ukuran celah busi pun berbeda-beda tergantung dari produsen serta kebutuhan pada mesin tersebut, namun jika celah busi terlalu besar seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas maka hal ini akan berakibat kebutuhan tegangan untuk meloncatkan bunga api lebih tinggi. Isolator-isolator bagian tegangan tinggi cepat rusak karena dibebani tegangan pengapian yang luar biasa tingginya.

Jika sistem pengapian tidak dapat memenuhi kebutuhan tersebut, mesin mulai hidup tersendat-sendat pada beban penuh. Selain itu, celah busi yang terlalu besar juga bisa menyebabkan mesin agak sulit dihidupkan.

#### c. Tekanan kompresi

Tekanan Kompresi juga berpengaruh terhadap kinerja pada busi, apabila tekanan kompresi meningkat maka bunga api pun akan semakin sulit meloncat dan tegangan yang dibutuhkan semakin tinggi, hal ini juga terjadi pada saat beban berat dan kendaraan berjalan lama dengan kecepatan rendah dan katup gas terbuka penuh. Tegangan pengapian yang dibutuhkan juga naik bila suhu campuran udara dan bahan bakar turun.

#### 4. Jenis Busi

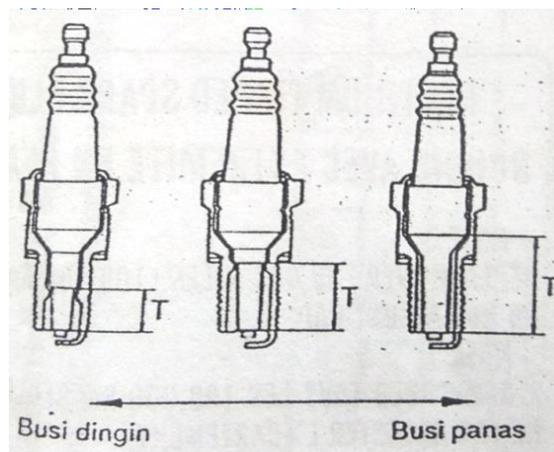
Sebagai mana telah diketahui fungsi dari busi sendiri yaitu untuk memercikkan bunga api yang kemudian membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan. Jenis busi pun beragam dari segi material dan jenis suhu busi tersebut, akan tetapi pada umumnya busi digolongkan menjadi 2 jenis yaitu busi jenis dingin dan busi jenis panas.

Tingkat panas dari busi yang ada dipasaran bermacam-macam sesuai dengan pemakaiannya masing-masing, sehingga ada istilah busi panas dan busi dingin. Busi panas ialah busi yang dalam mentransfer panas ke kepala silinder perlahan-lahan karena mempunyai insulator yang cukup panjang sehingga panas yang ada pada busi harus merambat melalui insulator yang panjang itu baru sampai ke kepala silinder melalui bodi busi itu sendiri. Busi semacam ini diperuntukan pada motor yang pemakaian lambat dan memungkinkan adanya deposit yang menempel pada busi sehingga dengan menggunakan busi panas ini deposit tersebut akan terbakar dan tidak mengganggu kerja dari busi.

Sedangkan apabila motor dipakai pada jarak yang jauh atau dipakai pada jalan bebas hambatan, sebaiknya digunakan busi dingin. Busi dingin ini berlawanan dengan busi panas. Apabila busi panas pentransferan panas dari busi ke kepala silinder lama sebaliknya pada busi dingin ini panas yang ada pada busi segera dikirimkan ke kepala silinder sehingga busi bekerja pada temperatur yang relatif lebih dingin. Menurut Wardan (1989: 283) “untuk membedakan busi panas dan busi dingin dapat dilihat panjangnya insulator

porcelain yang ada pada busi tersebut. Apabila insulatornya panjang maka busi tersebut termasuk busi panas dan sebaliknya”. Erzedin dan Amrizal (1996: 78) menyatakan bahwa “Busi yang cepat mengalirkan panasnya disebut busi dingin dan busi yang lambat mengalirkan panasnya disebut busi panas”

Kutipan diatas juga sejalan dengan pendapat Boentarto (1993: 64) “busi dingin adalah busi yang menyerap dan membuang panas dengan cepat, dengan kata lain busi dingin adalah busi yang tahan panas sedangkan busi panas adalah busi yang lambat didalam membuang panas, dengan kata lain busi panas adalah busi yang tidak tahan akan panas”.



Gambar 3. Jenis Busi

Sumber: Toyota New Step 1 (1995: 6-21)

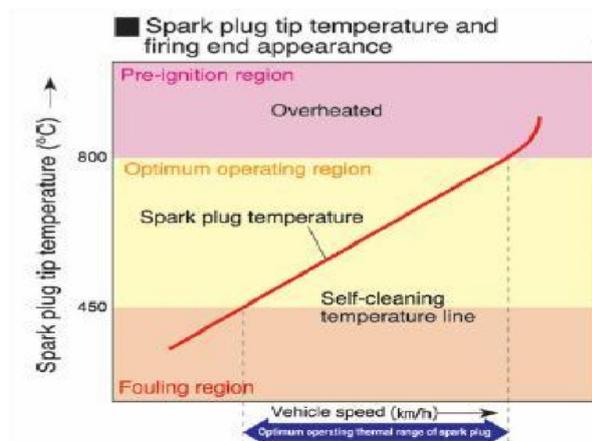
Elektroda busi harus dipertahankan pada suhu kerja yang tepat, yaitu antara 400°C sampai 800°C. Bila suhu elektroda tengah kurang dari 400°C, maka tidak akan cukup untuk membakar endapan karbon yang dihasilkan oleh pembakaran sehingga karbon tersebut akan melekat pada permukaan insulator, sehingga akan menurunkan tahanan dengan rumahnya. Akibatnya, tegangan tinggi yang diberikan ke elektroda tengah akan menuju ke massa

tanpa meloncat dalam bentuk bunga api pada celah elektroda, sehingga mengakibatkan terjadinya kesalahan pembakaran (*misfiring*).

Firing end appearance	Effect
<p>Overheated</p> 	<p>May cause pre-ignition</p>
<p>Good</p> 	
<p>Fouled</p> 	<p>May lead to loss of sparks (misfire)</p>

Gambar 4. Pengaruh suhu operasional busi  
Sumber : Teknik Sepeda Motor Jilid 2, 2008: 191

Bila suhu elektroda tengah melebihi  $800^{\circ}\text{C}$ , maka akan terjadi peningkatan kotoran oksida seperti pada gambar 5 dan terbakarnya elektroda tersebut. Pada suhu  $950^{\circ}\text{C}$  elektroda busi akan menjadi sumber panas yang dapat membakar campuran bahan bakar tanpa adanya bunga api, hal ini disebut dengan istilah *preignition* yaitu campuran bahan bakar dan udara akan terbakar lebih awal karena panas elektroda tersebut sebelum busi bekerja memercikkan bunga api (busi terlalu panas sehingga dapat membakar campuran dengan sendirinya). Jika terjadi *pre-ignition*, maka daya mesin akan turun, karena waktu pengapian tidak tepat dan elektroda busi atau bahkan piston dapat retak, leleh sebagian atau bahkan lumer.



Gambar 5. Grafik batas suhu operasional busi yang baik antara 450°C sampai 800°C

Sumber : Teknik Sepeda Motor Jilid 2, 2008: 190

Busi yang ideal adalah busi yang mempunyai karakteristik yang dapat beradaptasi terhadap semua kondisi operasional mesin mulai dari kecepatan rendah sampai kecepatan tinggi. Seperti disebutkan di atas busi dapat bekerja dengan baik bila suhu elektroda tengahnya sekitar 450 °C sampai 800 °C. Pada suhu tersebut karbon pada insulator akan terbakar habis. Batas suhu operasional terendah dari busi disebut dengan *self-cleaning temperature* (busi mencapai suhu membersihkan dengan sendirinya), sedangkan batas suhu tertinggi disebut dengan istilah *pre-ignition*. Pada akhirnya pemilihan jenis busi ini kembali pada spesifikasi mesin yang akan digunakan, apakah membutuhkan jenis busi dingin atau panas.

## 5. Tipe Busi

Tipe pada busi pun tergantung produsen masing - masing busi, pada penelitian ini akan menggunakan bahan dengan tipe *center* elektroda platinum maupun iridium. Yaitu busi bawaan pabrik mobil Toyota bertipe NR-Engine yaitu busi Iridium SC16HR11 (Denso) bertipe iridium, juga busi

pembandingan yaitu Busi Platinum LKAR6AGP (NGK) bertipe platinum dan busi Iridium ILKAR6B-11 (NGK) bertipe iridium.

a. Busi Nikel

Busi Nikel merupakan busi bawaan pada beberapa jenis kendaraan. Bahan ujung elektroda dari nikel dan diameter *center electrode* rata-rata 2,5 mm. Jarak pemakaian ini bisa sampai 20 ribu km, ketika kondisi pembakaran normal dan tak dipengaruhi oleh faktor lain seperti oli mesin dan konsumsi BBM yang berlebihan. Tipe busi ini banyak peminatnya, walaupun masih menggunakan bahan nikel pada ujung elektrodanya, harga yang ditawarkan dengan jenis busi ini juga tergolong yang paling murah.

Adapun keunggulan dari Busi Nikel:

- 1) Benang canai dingin mencegah kerusakan pada kepala silinder
- 2) Proses penyegelan gasket tiga hampir menghilangkan kebocoran gas melewati cangkang
- 3) *Solid Copper Core* memberikan pembuangan panas yang unggul, konduktivitas dan rentang panas yang lebih luas
- 4) *Trivalent Platin* proses tiga langkah pelapisan menggunakan perak kromat dan seng memastikan ketahanan korosi maksimum

b. Busi Platinum



Gambar 6. Busi Platinum LKAR6AGP (NGK) Yang Akan Digunakan

Busi platinum adalah busi dengan ujung elektroda terbuat dari nikel dan *center elektroda* nya terbuat dari platinum. Umur busi bisa mencapai 40 ribu km. Busi ini mempunyai diameter *center elektroda* sekitar 0,5 mm-0,8 mm.

Adapun keunggulan Busi Platinum:

- 1) *Platinum Tip Center Electrode* ujung kecil meningkatkan penyalaan, anti pengotoran, pengaktifan yang lebih cepat, penghematan bahan bakar yang lebih baik, dan persyaratan tegangan yang lebih sedikit untuk menyala.
- 2) Bentuk *ground elektroda* trapesium untuk reproduksi api yang sangat baik.
- 3) Pelapisan logam trivalen memiliki sifat anti korosi dan anti penyitaan yang unggul.

**Tabel 3. Spesifikasi Busi Platinum LKAR6AGP (NGK)**

Center Electrode Core Material	Copper
Center Electrode Tip Material	platinum
Ground Configuration	Standard
Ground Electrode Core Material	Nickel
Core Ground Electrode Quantity	1
Ground Electrode Tip Design	Trapezoid
Hex Size	14 mm
Insulator Height	51.00 mm
Manufacturer Heat Range	6
Pre-Gap Size	1.0 mm
Reach	26.5 mm
Resistance	5000 Ohms
Seat Type	Flat
Thread Diameter	12.00 mm

Sumber: <http://partcat.com/ngk>

c. Busi Iridium



**A.**

**B.**

Gambar 7. A. Busi Iridium SC16HR11 (Denso) Dan B. Busi Iridium ILKAR6B-11 (NGK) Yang Akan Digunakan

Busi Iridium adalah busi generasi baru dengan ujung elektroda yang terbuat dari nikel. Sementara itu center elektrodanya terbuat dari iridium *alloy* warna platinum buram dengan umur pemakaian lebih panjang mencapai 100 ribu km. Diameter center elektroda yang dimiliki busi iridium adalah 0,6 mm – 0,8 mm. Iridium adalah logam dengan titik lebur sangat tinggi.

Adapun keunggulan dari Busi Iridium:

- 1) Kawat halus Iridium center electrode memastikan daya tahan tinggi dan percikan yang stabil secara konsisten
- 2) Iridium *alloy* memiliki titik leleh yang sangat tinggi, sempurna untuk mesin berkinerja tinggi saat ini
- 3) Pelapisan logam trivalen memiliki sifat anti korosi dan anti penyitaan yang unggul
- 4) Bentuk elektroda ground yang dipotong secara taper untuk memungkinkan lebih banyak area untuk ekspansi nyala.

**Tabel 4. Spesifikasi Busi Iridium SC16HR11 (DENSO)**

Center Electrode Core Material	Copper
Center Electrode Tip Material	Iridium
Ground Configuration	Standard
Ground Electrode Core Material	Nickel
Core Ground Electrode Quantity	1
Ground Electrode Tip Design	Platinum Chip
Hex Size	14,3 mm
Manufacturer Heat Range	16

Pre-Gap Size	1.1 mm
Reach	26.50 mm
Resistance	5000 Ohms
Seat Type	Flat
Thread Diameter	12 .00 mm

*Sumber: <http://densoautopart.com>*

**Tabel 5. Spesifikasi Busi Iridium ILKAR6B-11 (NGK)**

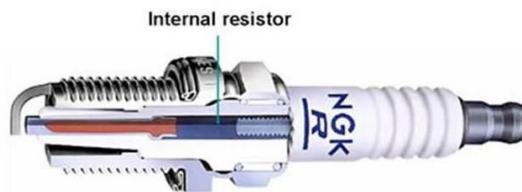
Center Electrode Core Material	Copper
Center Electrode Tip Material	Iridium
Ground Configuration	Standard
Ground Electrode Core Material	Nikel
Core Ground Electrode Quantity	1
Ground Electrode Tip Design	Platinum Chip
Hex Size	14 mm
Manufacturer Heat Range	6
Pre-Gap Size	1.1 mm
Reach	26.50 mm
Resistance	5000 Ohms
Seat Type	Flat
Thread Diameter	12 .00 mm

*Sumber : <https://www.ngk.com.au>*

#### d. Busi Resistor

Menurut Diko Octaviano sebagai technical support PT NGK Busi Indonesia. 2020. di Yuotube NGK busi “Busi dengan logo ‘R’ (resistor) di bodi keramik busi digunakan untuk kendaraan dengan mesin injeksi. Sedangkan busi tanpa logo ‘R’ digunakan untuk kendaraan dengan mesin

karburator. Dimana pada kendaraan mesin EFI menggunakan ECU untuk otak kendaraan untuk mengatur system elektronik didalam kendaraan. Resistor sendiri dalam busi berfungsi untuk meredam getaran atau gelombang elektromagnet yang dapat mengangu kerja ECU maupun merusak ECU.”



Gambar 8. Busi Resistor  
Sumber .NGK

#### e. Busi *Racing*

Sesuai dengan namanya, busi ini didesain dan dipersiapkan dengan bahan yang tahan terhadap kompresi tinggi mesin dan temperature panas yang tinggi dan dipersiapkan untuk mapu mengimbangi pemakaian *full throttle* dan *decoration*. Busi *racing* termasuk dalam golongan busi dingin. Busi *racing* mempunyai sifat hamper mirip dengan busi iridium, mempunyai elektroda yang relatif kecil 0,4 mm sehingga pengapian lebih kuat. Busi *racing* memiliki masa pakai relative pendek antara 20.000 km hingga 30.000 km.

### 6. Faktor Dalam Memilih Tingkat Panas Busi

Nilai panas busi adalah kemampuan meradiasikan sejumlah panas oleh busi. Busi yang meradiasikan panas yang lebih banyak disebut busi dingin sebab busi tersebutakan tetap dingin. Sedangkan busi yang meradiasikan panas sedikit disebut busi panas. Mengutip dari Dasar-Dasar Kelistrikan Otomotif (2015:82)

Memilih tingkat panas busi dipengaruhi oleh beberapa factor, beberapa factor yang paling dominan dalam memilih tingkat panas busi adalah :

- a. Suhu lingkungan tempat mesin mobil berada . untuk daerah dengan cuaca iklim yang lebih dingin, seperti daerah pergunungan, dataran tinggi. Maka direkomendasikan memakai tingkat panas busi yang lebih panas. Pemakaian busi dingin akan menyebabkan terjadinya *karbon fouling* (penumpukan karbon), menyebabkan mesin akan susah hidup. Untuk daerah cuaca dengan iklim panas, seperti daerah dataran rendah, perkotaan misalnya dengan tingkat populasi yang tinggi, maka direkomendasikan memakai tingkat busi yang lebih dingin. Memakai busi panas saat kondisi mesin panas dapat menyebabkan *preignition* (pembakaran dini) dapat pula menyebabkan *part* mesin menjadi aus.
- b. Besarnya kapasitas silinder (CC), untuk mesin dengan kapasitas silinder besar lebih dari 240 CC, direkomendasikan menggunakan busi dingin.
- c. Besarnya rasio kompresi dan tekana kompresi, mesin *high performance* dengan rasio kompresi tinggi diatas 10,0:1 dan tekanan kompresi tinggi lebih dari 1500 kPa direkomendasikan menggunakan busi tipe dingin.
- d. Desain *high performance and high speed engine*, mesin yang dirancang untuk kebutuhan balap ataupun kompetisi sangat direkomendasikan menggunakan busi dengan tipe busi dingin. Pemakaian busi panas akan menyebabkan *preignition*. Detonasi berat yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada katup piston, *connecting rod* dan *crankshaft*.

## B. Daya dan Torsi

### 1. Daya

Daya merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor (Muamar ilham, 2010:11). Selanjutnya (Arends dan Berenschot, 1980:18) juga mengungkapkan bahwa “daya merupakan besaran kerja motor persatuan waktu”. Perhitungan daya yang terjadi pada setiap motor itu sendiri. Jika jumlah putaran mesin (rpm) tinggi maka daya yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Daya adalah hasil kerja yang dilakukan dalam batas waktu tertentu (Maksum, Hasan 2012:15). Satuan daya yaitu HP (*horse power*). Pada motor bakar daya merupakan perkalian antara momen putar dengan putaran mesin. Menghitung daya motor menurut Hasan Maksum (2012:15) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$P = \frac{Mp \times n}{9550}$$

Dengan angka 9550 merupakan faktor penyesuaian satuan dimana

$Mp$  = Momen putar (Nm)

$N$  = Putaran Mesin (Rpm)

$P$  = Daya motor,, dihitung dalam satuan Kilo Watt (Kw)

Daya adalah jumlah usaha dalam satu detik maka:

$$P = \frac{Pm L A N K}{2 \times 60}$$

Dimana:

$P$  = Daya (Watt)

$Pm$  = Tekanan Rata-rata (N/m<sup>2</sup>)

L = Panjang Langkah (m)

A = Luas Permukaan Piston ( $A = \frac{\pi}{4} \times D^2$ )

N = putaran mesin (rpm)

K = jumlah silinder

Untuk mengubah menjadi satuan HP di bagi dengan 745,7 karena

HP=745,7 watt.

Jadi, dapat disimpulkan rumus akhir menjadi

$$P = \frac{\frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times N \times K}{2 \times 60 \times 745,7}$$

Menurut Kristanto (2015: 21) daya adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar kerja yang dapat dilakukan dalam suatu periode waktu tertentu. Menurut Wiratmaja (2010: 20) menyatakan bahwa, Daya didefinisikan sebagai hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi. Maksum dkk (2012: 15) yang menyatakan bahwa, Daya adalah hasil kerja yang dilakukan dalam batas waktu tertentu [F.c /t]. Pada motor, daya merupakan perkalian antara momen putar (Mp) dengan putaran mesin (n). Menurut Hidayat (2012: 33--34) mengatakan bahwa, beberapa sistem Satuan Internasional (SI) yang digunakan untuk kendaraan atau otomotif yang dikenal “*Society of Automotive Engineers*” (SAE) dari standar Amerika dan “*Deutsches Institut fur Nurmung*” (DIN) dari standar Jerman. Daya dalam sistem SAE diukur dalam satuan HP (*Horse Power*) atau tenaga kuda (DK).

DK = Daya Kuda (Bahasa Indonesia)

HP = *Horse Power* (Bahasa Inggris)

PS = *Pferdestärke* (Bahasa Jerman)

PK = *Paarden Kracht* (Bahasa Belanda)

$1 \text{ PS} = 0,7355 \text{ KW} = 0,986 \text{ HP} = 0,986 \text{ DK} = 0,986 \text{ PK}$

$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ KW} = 1.0138 \text{ PS} = 1 \text{ DK} = 1 \text{ PK}$

Berdasarkan pendapat di atas, maka dapat dikatakan bahwa daya merupakan besarnya kerja yang dapat dilakukan dalam waktu tertentu. Sedangkan satuan ukuran untuk daya adalah *Horse Power* (HP). Menurut Halderman dan Mitchell (2005: 57) menjelaskan tentang *Horsepower* bahwa, Daya (kekuatan/tenaga) yang dihasilkan sebuah mesin disebut Horsepower (HP). Satu tenaga kuda sama dengan 1 *horse power*. Daya yang dihasilkan oleh mesin bergantung pada jumlah bahan bakar yang mampu terbakar secara merata atau sempurna oleh mesin. Apabila semakin besar kemampuan mesin melakukan proses pembakaran bahan bakar secara sempurna atau merata maka tenaga yang dihasilkan oleh mesin maksimal, dan sebaliknya apabila bahan bakar yang dibakar didalam mesin tidak terbakar sempurna atau merata maka efisiensi tenaga yang dihasilkan tidak maksimal. Daya yang dihasilkan motor dapat dibedakan menjadi dua, daya indikator dan daya efektif.

a. Daya indikator

Sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, misalnya gesekan antara torak dan dinding silinder dan gesekan

antara poros dan bantalannya. Disamping itu, daya indikator harus pula menggerakkan beberapa aksesoris seperti pompa pelumas, pompa air pendingin, dll (Arismunandar, 2005 : 32). Menurut Hidayat (2012: 32), Daya indikator merupakan daya motor secara teoritis, belum ada dipengaruhi oleh kerugian gesekan mekanik yang terjadi di dalam mesin. Gupta (2009: 27) menyatakan bahwa, Dapat diartikan bahwa, daya indikasi/indikator (Ni) adalah daya yang dihasilkan di dalam silinder mesin. Dengan daya inilah, gas mampu menghasilkan suatu usaha (W) untuk menggerakkan/ mendorong piston.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat dikatakan bahwa daya indikator ialah daya yang dihasilkan dari proses pembakaran campuran bahan bakar didalam ruang bakar yang akan menekan torak atau piston. Satuan ukuran untuk daya indikator ialah *Horse Power* (HP).

b. Daya efektif

Menurut Arismunandar (2005: 32) yang menyatakan bahwa, Pada motor bakar torak, daya yang berguna ialah daya poros, karena poros itulah yang menggerakkan beban. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indikator yang merupakan gaya gas pembakaran yang menggerakkan torak. Hidayat (2012: 32) menyatakan bahwa, Daya usaha atau daya efektif ialah daya yang berguna sebagai penggerak atau daya poros. Irawan dkk (2014: 2) yang menyatakan juga bahwa, Daya efektif adalah daya yang dihasilkan poros engkol untuk menggerakkan beban.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat dikatakan bahwa daya efektif ialah daya yang dihasilkan oleh mesin untuk menggerakkan kendaraan atau beban. Satuan ukuran untuk daya efektif adalah *Horse Power* (HP), atau *Pfederstarke* (PS). Dalam penelitian daya yang akan di uji adalah daya poros karena daya poroslah yang menggerakkan beban. Untuk menghitung besarnya daya pada motor 4 langkah digunakan rumus (Heywood, 1988: 46):

$$P = 2\pi NT$$

atau

$$P(kW) = 2\pi \cdot n \cdot T \cdot 10^{-3}$$

Dalam satuan hp:

$$P(hp) = \frac{N \left( \frac{rev}{m} \right) \cdot T (lbf \cdot ft)}{5252}$$

Dalam satuan PS:

$$Ne(PS) = \frac{\pi \cdot n \cdot T}{30 \cdot 75}$$

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

Dimana :

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

N.n = putaran mesin (rpm)

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

## 2. Torsi

Menurut Hasan Maksam, dkk (2012:15) menyebutkan Torsi atau momen putar atau momen puntir adalah “kekuatan putar poros engkol yang akhirnya menggerakkan kendaraan”. Kekuatan putar torsi disebabkan oleh mesin melalui pembakaran yang mendorong piston naik turun. Dengan

gerakan naik turunnya piston yang menghasilkan putaran poros engkol yang kemudian akan diteruskan menuju ke roda-roda penggerak sehingga mencapai roda. Torsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_p = F_k \times r$$

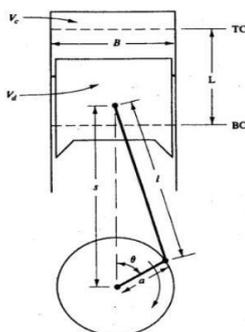
Dimana:

$F_k$  = Gaya keliling diukur dalam satuan Newton (N)

$r$  = Jari-jari poros engkol, diukur dalam satuan meter (m)

$M_p$  = Momen putar (torsi), perkalian antara gaya keliling dan jari-jari (Nm)

Torsi adalah gaya tekan putar pada bagian yang berputar, sepeda motor digerakan oleh torsi dari crankshaft (Jama, 2008:23 ), Torsi juga merupakan perkalian antara gaya yang dihasilkan dari tekanan hasil pembakaran pada torak dikalikan dengan jari – jari lingkaran poros engkol. Pada gambar 1 gaya yang dihasilkan dari tekanan pembakaran ditunjukkan sepanjang  $l$  dan  $a$  merupakan jari – jari lingkaran poros engkol.



Sumber: (Heywood,1988:44)

Gambar 9. Geometri Silinder, Piston, Batang Torak dan Poros Engkol

Torsi poros maksimum pada kecepatan tertentu mengindikasikan kemampuan untuk memperoleh campuran udara dengan bahan bakar yang

tinggi masuk ke dalam mesin, di mana posisi batang torak tegak lurus dengan poros engkol. Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak, sehingga dapat ditulis persamaan sebagai berikut (Heywood,1988:46) :

$$T = F \times b$$

Dimana :

$$T = \text{Torsi (N.m)}$$

$$F = \text{gaya penyeimbang yang diberikan (N)}$$

$$b = \text{jarak lengan torsi (m)}$$

Torsi suatu mesin menurut Suyanto (1989: 34) yang menyatakan bahwa, Momen merupakan gaya yang digunakan untuk poros engkol. Pulkrabek (2004: 54) yang menyatakan bahwa, Torsi adalah indikator yang baik dari kemampuan mesin untuk melakukan pekerjaan. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak tertentu dan memiliki unit N-m atau lbf-ft. Torsi terkait dengan kerja. Maksum dkk (2012: 15) menyatakan bahwa, Momen putar (momen puntir) suatu motor adalah kekuatan putar poros engkol yang akhirnya menggerakkan kendaraan.

Sedangkan momen puntir atau torsi menurut Wiratmaja (2010: 20) yang menyatakan bahwa momen puntir atau torsi adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Di dalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (*start*) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi (T) akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran.

Menurut Kristanto (2015: 21) menyatakan bahwa, Ketika piston bergerak dari TMA ke TMB selama langkah daya, sebuah gaya yang diberikan ke batang penghubung (*connecting rod*) yang menghubungkan piston dengan bantalan poros engkol sehingga poros engkol berputar. Gaya putar yang diterapkan untuk poros engkol ini disebut torsi, T. Jadi Torsi menyatakan ukuran kemampuan motor untuk melakukan kerja. Satuan untuk ukuran untuk torsi adalah Newton-meter.

Berdasarkan pernyataan di atas, maka dapat dikatakan bahwa, torsi pada mesin motor bakar ialah besarnya tenaga yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar, sehingga tenaga yang dihasilkan tersebut dapat mendorong torak yang akhirnya memutar poros engkol dan menggerakkan kendaraan. Alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya yang dihasilkan mesin kendaraan adalah *Dynamometer*.

Torsi dan daya keduanya memiliki fungsi pada kecepatan mesin. Pada kecepatan rendah, torsi meningkat seiring meningkatnya kecepatan mesin. Ketika kecepatan mesin meningkat lebih lanjut, torsi mencapai titik maksimum dan kemudian menurun. Torsi berkurang karena mesin tidak dapat menelan muatan penuh dari udara pada kecepatan yang lebih tinggi. Daya indikator meningkat seiring dengan kecepatan mesin, daya meningkat hingga titik maksimum dan kemudian menurun di kecepatan yang lebih tinggi. Ini karena kerugian gesek meningkat seiring dengan kecepatan dan menjadi faktor yang dominan pada kecepatan yang sangat tinggi. Bagi kebanyakan mesin mobil, daya maksimum terjadi pada sekitar 6000 hingga 7000 RPM,

sekitar satu setengah kali dari kecepatan pada torsi maksimum (Pulkrabek, 2004 : 56).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dapat dikatakan bahwa torsi dan daya meningkat seiring meningkatnya putaran mesin tetapi torsi dan daya mempunyai batas maksimum. Dengan terus meningkatnya putaran mesin maka torsi dan daya mengalami penurunan.

## **C. Emisi Gas Buang Kendaraan**

### **1. 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 (NO<sub>x</sub>)”.

Menurut Chamber & Master 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 Kukono (2003:7) “Penyebab pencemaran di atmosfer biasanya bersumber dari 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”.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia Nomor 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama yang menyatakan bahwa, metode uji kandungan CO dan HC diukur pada kondisi tanpa beban (idle) yaitu putaran mesin 1300 RPM sampai 1500 RPM dan pada saat temperature mesin normal ( $60^\circ\text{C}$  sampai dengan  $70^\circ\text{C}$  atau sesuai spesifikasi kendaraan) dengan ambang batas emisi gas buang untuk kendaraan bermotor kategori M = kendaraan bermotor beroda empat atau lebih digunakan untuk angkut orang, N = kendaraan bermotor roda empat atau lebih digunakan untuk angkut barang dan O = kendaraan bermotor penarik untuk gandengan atau tempel sebagai berikut:

**Tabel 6. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Kategori M, N Dan O**

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode Uji
		CO%	HC (ppm)	Opasitas (%HSU)	
Bensin	< 2007	4.5	1200		Idle
	≥ 2007	1.5	200		
Diesel	- GVW ≤ 3.5 ton	< 2010		70	Percepatan bebas
		≥ 2010		40	
	- GVW > 3.5 ton	< 2010		70	
		≥ 2010		50	

*Sumber: Menteri Negara Lingkungan Hidup 2006*

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 NO<sub>x</sub>, HC, CO”. Hal mengenai sifat, sumber penyebab, dan pengaruh buruknya yaitu :

**a. CO (Carbon Monoksida)**

Tidak berwarna tidak beraroma dan tidak mudah larut dengan air. Di dalam udara bila diberikan api akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO<sub>2</sub> (Carbon Dioxide). Berasal dari kendaraan bermotor 93%, power generator 7%, terutama tempat sumbernya adalah pada saat kendaraan disaat *idling*. Menurut Bahrul Amin (2013:185) “Gas CO dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna diakibatkan dari kekurangan oksigen pada pembakaran (campuran gemuk)”.

Akibat yang ditimbulkan diantaranya adalah akan bercampur dengan hemoglobin yang terdapat dalam darah yang menjadi karbon oxide 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 7. Pengaruh Gas CO Pada Hemoglobin (HB) Didalam Darah Terhadap Kesehatan Manusia**

Kosentrasi 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 system 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 alam ini terbentuk dari proses dibawah ini :

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

Sedangkan menurut Wardan Suyanto (1998:345) bahwa “*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 Carbon didalam bahan bakar dalam suatu proses sebagai berikut:  $2C+O_2 \rightarrow 2CO$ .

CO yang dikeluarkan 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 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°C. komponen ini mempunyai berat sebesar 96.5% dari berat air dan tidak larut dalam air. CO yang terdapat di dalam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

- a) Pembakaran yang tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b) Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c) Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan oksidasi.”

#### **b. HC (Hydro Carbon)**

Menurut Bahrul Amin (2013:186) uap bensin yang mengalami oksidasi 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 buang hasil pembakaran dan menjadi bahan bakar pencemar udara”.

Dampak pencemaran hidrokarbon (HC) terhadap kesehatan ini dinyatakan oleh Wisnu (2004:125) bahwa: “sebenarnya HC jumlah sedikit 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 toksiknya 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 Polycyclic Aromatic Hydrocarbon yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merasam terbenak sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru.

### c. $\text{NO}_x$ (Nitro Oksida)

Menurut Srikandi (1992:104) “Nitrogen Oksida ( $\text{NO}_x$ ) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas Nitrik oksida (NO) dan Nitrogen oksida ( $\text{NO}_2$ ). Nitrik oksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya Nitrogen oksida mempunyai warna kemerahan dan berbau tajam”.

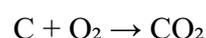
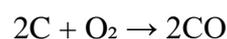
Terutama terbentuk NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ , gas yang tidak berbau tidak berwarna, sukar larut dalam air, didalam udara karena gesekan akan menjadi  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_2$  adalah zat gas yang berwarna agak kemerahan dan sedikit berbau, mudah larut dalam air dan bereaksi dengan air menjadi

asam nitrit atau nitrat. Sumber timbulnya adalah gas buang dari kendaraan gas yang timbul dari pabrik kimia, setegas 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 (merasak) hidung dan tenggorokan. Konsentrasi 3-5 sifat beracunnya akan menimbulkan suka tidur, batuk-batuk.

Dari keseluruhan emisi yang dihasilkan oleh kendaraan yang 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 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. 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 menghasilkan gas CO<sub>2</sub>. Gas CO terbentuk karena kurangnya udara dalam proses pembakaran. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin rendah perbandingan antara udara dan bahan bakar maka semakin tinggi jumlah CO yang dihasilkan.

## **2. Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang**

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

### **a. Komposisi campuran bahan bakar dan udara**

Menurut Daryanto (2013:66). “Perbandingan campuran udara dan besin yang ideal adalah 15 kg uadar dengan 1 kg bensin”. Sedangkan menurut Beni (2007) mengatakan, “Perbadingan campuran yang ideal adalah sebesar 1 (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) : 14,7 (O<sub>2</sub>) (dalam satuan berat)”. Hal serupa juga dikatan Awal (2006:263) menyatakan, “Untuk memebakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 udara”.

Beni (2007) juga menambahkan, “jika campuran terlalu kurus, NO<sub>x</sub> akan menurun, akan tetapi HC akan meningkat secara mendadak karena adanya kegagalan proses pembakaran. Untuk campuran kaya, kadar NO<sub>x</sub> akan menurun tetapi kadar CO dan HC meningkat”. Pendapat yang sama juga dikatan oleh Awal (2006:264), pada kondisi AFR kurus dimana kosentrasi CO dan HC menurun pada saat NO<sub>x</sub> meningkat, sebaliknya AFR kaya NO<sub>x</sub> 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) menurun, tetapi gas nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) meningkat.

#### **b. Waktu Pengapian**

Menurut Amin .B Dan Faisal Ismet (2016:102) “Pergeseran saat pengapian berpengaruh terbalik dengan respon konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. ketika pemajuan saat pengapian menurunkan konsumsi bahan bakar, ini juga menaikkan HC dan terkadang emisi NO. pemajuan yang berlebihan dapat menyebabkan mesin *knocking* dan akan merusak mesin. Pengapian yang terlambat menghasilkan temperatur emisi gas buang yang tinggi yang juga terlarang untuk mesin. 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 kecendrungan 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 akan 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.

### c. Kecepatan Mesin

Menurut Mrihardjono (2012), “Salah satu faktor yang mempengaruhi emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan adalah kecepatan kendaraan (putaran mesin)”. Ketika kecepatan/putaran rendah emisi gas buang yang dihasilkan tinggi sedangkan apabila kecepatan atau putaran *engine* tinggi maka emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan akan menurun. Gupta (2009:552) mengungkapkan bahwa “Meningkatkan kecepatan mesin dapat meningkatkan proses pembakaran dalam silinder dengan menngkatnya turbulensi campuran dan menyebabkan menurunnya kosentrasi HC dan lapisan oksida. Kecepatan tidak mempengaruhi pada kosentrasi CO karena oksidasi CO dalam knalpot kinetik terbatas disbanding pada knalpot suhu 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 dikelurkan semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan NO<sub>2</sub>,

dimana semakin tinggi kecepatan kendaraan yang digunakan pada suatu kendaraan bermotor, maka jumlah  $\text{NO}_2$  yang dikeluarkan semakin besar”.

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatkannya kecepatan mesin maka proses pembakaran dalam silinder akan meningkat dan turbolensi campuran antara bahan bakar dan udara akan meningkat yang menyebabkan turunnya konsentrasi HC dan CO, tetapi berbanding terbalik dengan  $\text{NO}_2$  semakin tinggi kecepatan mesin maka  $\text{NO}_2$  yang dikeluarkan semakin besar.

#### **d. Rasio Kompresi**

Gupta (2009: 552) menyatakan bahwa “ 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 terpengaruh oleh rasio kompresi”.

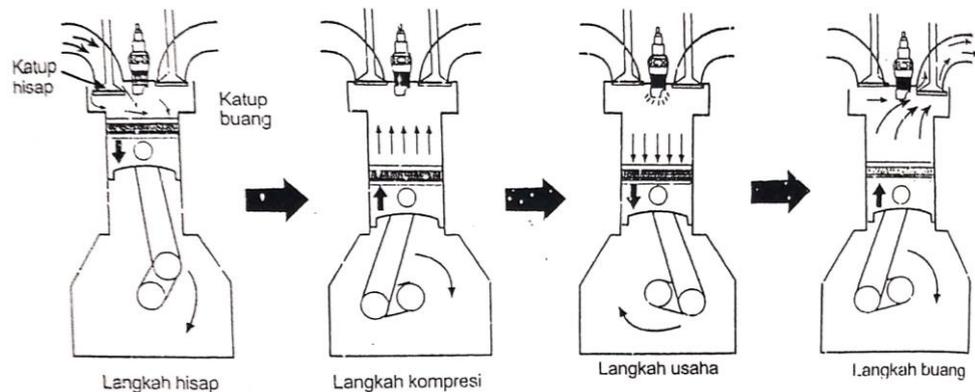
#### **e. Tipe Busi**

Dikutip dari Feri Kustiawan dkk dalam penelitiannya, Analisa Variasi Busi Terhadap Performa Motor Bensin 4 Langkah. Hasil penelitiannya menunjukkan torsi tertinggi didapatkan pada busi iridium yang mencapai 8,75 NM pada putaran 5069 rpm, daya tertinggi dihasilkan pada busi iridium dan busi kaki dua yang mencapai 8,1 Hp dan 8,1Hp pada putaran 7692 rpm dan 7892 rpm, Konsumsi bahan bakar spesifik terbaik didapatkan pada busi iridium yang mencapai 0,078 Kg/h.Hp pada putaran 6000 rpm.

Selanjutnya Tatang Permana dkk (2013 : 97) “Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata hasil pengujian pada 1400 - 4500 Rpm, *Engine AL 115* yang menggunakan busi Iridium menghasilkan kadar CO sebesar 0.86% dalam emisi gas buangnya. Sedangkan yang menggunakan busi standar menghasilkan 1.01% CO dalam emisi gas buang. Perbedaan hasil pengujian tersebut mengindikasikan bahwa jumlah gas CO rata-rata yang dihasilkan *Engine AL 115* menggunakan busi Iridium lebih rendah dibandingkan yang menggunakan busi standar.

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa tipe busi juga bisa mempengaruhi performa mesin daya, torsi maupun kandungan emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan, diantaranya busi tipe Iridium dan busi tipe Platinum dapat menaikkan daya, torsi serta menurunkan kadar CO dan HC cukup besar.

## D. Mesin Empat Langkah



Gambar 10. Langkah Kerja mesin 4 langkah  
Sumber. New Step 1

Menurut Hasan Maksum, dkk (2012:30) menjelaskan “mesin empat langkah berarti empat kali piston turun naik dan dua kali putaran poros engkol menghasilkan satu kali langkah usaha”. Keempat langkah tersebut adalah langkah isap, langkah kompresi, langkah usaha, langkah buang.

### 1. Langkah isap

Langkah isap merupakan langkah pertama dari siklus pembakaran mesin untuk menghasilkan langkah usaha sehingga mesin dapat hidup. Hal ini telah dijelaskan oleh Hasan Maksum, dkk (2012:31) “pada langkah isap terjadi, piston bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) serta diiringi dengan katup isap terbuka dan katup buang tertutup, udara mengalir dari *filter* udara melalui *intake manifold* menuju kedalam ruang bakar.

Daryanto (2008:2) menjelaskan bahwa torak yang bergerak kebawah membangkitkan kevakuman di dalam ruang bakar sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk melalui katup masuk yang pada saat itu terbuka.

Campuran bahan bakar dan udara tersebut disuplai oleh carburetor, apabila kendaraan tersebut masih konvensional.

## 2. Langkah kompresi

Langkah kompresi merupakan pergerakan piston dari TMB menuju TMA setelah langkah isap. Tujuannya adalah mempersempit ruang dari campuran bahan bakar dan udara sehingga volume nya mengecil, sehingga tekanan dan temperature akan meningkat.

Menurut Marsudi (2008:31) ada 5 hal yang terjadi pada langkah ini yaitu,

- 1) Piston bergerak dari TMB ke TMA.
- 2) Poros engkol bergerak setengah putaran ( $180^0$ )
- 3) Katup isap dan katup buang tertutup
- 4) Campuran udara dan bensin yang ada dalam silinder dikompresi sehingga tekanan dan temperatur meningkat.
- 5) Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikan bunga api listrik sehingga gas yang telah mencapai temperature dan tekanan yang tinggi itu akan terbakar sehingga tekanan akan naik kira – kira tiga kali lipat.

Menurut Daryanto (2008:2-3) menjelaskan “bilamana torak telah berada pada posisi bawah, katup masuk tertutup dan torak bergerak keatas, katup buang tertutup pada waktu torak bergerak keatas. Campuran bahan bakar dan udara dikompresikan dan bilamana torak telah mencapai titik mati atas dikompresikan sekitar seperdelapan isinya.” Pada proses ini lah bunga api

dari busi akan dieprcikan sehingga campuran bahan tersebut akan terbakar dan menghasilkan ledakan.

### 3. Langkah usaha

Hasan Maksun, dkk (2012:34) menjelaskan bahwa “hasil pembakaran menyebabkan ledakan yang mengakibatkan piston bergerak dari TMA ke TMB. Gerakan piston akibat dari pembakaran tersebut yang disebut langkah usaha.” Ketika terjadinya langkah usaha yang dihasilkan dari ledakan pembakaran mesin maka secara otomatis piston akan bergerak dari TMA ke TMB sehingga putaran ini akan diteruskan oleh poros engkol menuju flywheel dan selanjutnya menjadi daya yang dihasilkan oleh mesin.

### 4. Langkah Buang

Menurut Erzedin Alwi (2014:34) menjelaskan “Sewaktu piston mulai naik dari TMB, piston akan mendorong gas sisa pembakaran yang masih tertinggal keluar melalui katup buang.” Sedangkan menurut Jalius Jama dan Wagino (2008:72) “Sebelum piston bergerak ke bawah ke TMB, klep pengeluaran terbuka dan gas sisa pembakaran akan keluar. Sewatku piston naik dari TMB, piston mendorong gas sisa pembakaran yang masih tertinggal keluar melalui katup buang dan saluran buang ke atmosfer.” Langkah buang merupakan langkah terakhir dari siklus pembakaran yang mana proses ini membuang sisa pembakaran melalui gerakan piston dari TMB ke TMA dan diiringi dengan pembukaan katup buang, akibatnya gas sisa pembakaran akan terdorong keluar silinder menuju saluran pembuangan yaitu knalpot.

Dari pendapat para ahli diatas dapat penulis simpulkan bahwa langkah isap merupakan proses masuknya udara dan bahan bakar menuju ruang bakar. Langkah kompresi yaitu proses penyempitan ruang bakar yang diakibatkan dari naiknya piston dari TMB ke TMA. Langkah usaha merupakan hasil dari ledakan didalam ruang bakar yang terjadi karena campuran bahan bakar dan udara yang diberi letupan bunga api oleh busi. Langkah buang merupakan pergerakan piston ke TMA dan terbukanya katup buang sehingga gas sisa pembakaran akan terdorong ke luar ruang bakar melalui *exhaust manifold*.

#### **E. Mesin NR**

NR-*engine* adalah mesin 4 langkah keluaran Toyota yang memiliki teknologi Dual-VVTi mempunyai penggerak katup DOHC, serta kapasitas mesin 1.200cc sampai 1.500cc. Merek kendararan Toyota bertipe mesin NR-*engine* biasanya terdapat pada Toyota : Avanza, Rush, Yaris, Vios, Sienta, Agya dan Calya atau lebih gampang nya bisa dilihat dari bodi mobil atau pada tutup saringan udara biasanya terdapat tulisan Dual-VVTi dari situ juga kita dapat memastikan bahwa kendaran Toyota ini bertipe NR-*engine*” ujar Jimmy Tjan, Senior Manager Sales & Marketing PT NGK Busi Indonesia, 2020. Di Yuotube Ngk Busi.

Dikutip dari Toyota-Club.Net “Mesin NR adalah mesin mobil keluaran Toyota yang menggunakan block mesin alumunium dengan lapisan cor tipis yang menggunakan teknologi Dual-VVTi, dengan mesin 4 langkah, sistem bahan bakar EFI untuk seri 1NR sampai 7NR sedangkan untuk seri 8NR sampai 9NR menggunakan sistem bahan bakar D-4T (Diesel) *direct injection*, serta kapasitas

mesin 1197 cc sampai 1496 cc, diameter silinder 71.5 mm sampai 72.5 mm, langkah silinder 72.5 mm sampai 90.6 mm, tekanan kompresi 10.0 sampai 11.5, daya 80 Hp sampai 115 Hp, Torsi 104 Nm sampai 185 Nm.” Adapun spesifikasi mesin NR bisa dilihat dari tabel dibawah :

**Tabel 8. Spesifikasi Mesin NR**

No	Engine	Displacement, cm <sup>3</sup>	Bore and Stroke, mm	Compression ratio	Output, hp	Torque, Nm	System
1	1NR-FE	1329	72.5 x 80.5	11.5	99 / 6000	132 / 3800	EFI
2	1NR-FE	1329	72.5 x 80.5	11.5	95 / 6000	119 / 4000	EFI
3	1NR-FBE	1329	72.5 x 80.5	-	88-98 / 5600	123-128/4000	EFI
4	1NR-FKE	1329	72.5 x 80.5	13.5	99 / 6000	121 / 4400	EFI
5	1NR-VE	1329	72.5 x 80.5	-	95 / 6000	120 / 4200	EFI
	2NR-FE	1496	72.5 x 90.6	10.5	90 / 5600	132 / 3000	EFI
7	2NR-VE	1496	72.5 x 90.6	-	104 / 6000	139 / 4200	EFI
8	2NR-FBE	1496	72.5 x 90.6	-	102-107 / 5600	140-144 / 4000	EFI
9	2NR-FKE	1496	72.5 x 90.6	13.5	109 / 6000	136 / 4400	EFI
10	3NR-FE	1197	72.5 x 72.5	10.5	80 / 5600	104 / 3100	EFI
11	3NR-FE	1197	72.5 x 72.5	11.5	86 / 6000	108 / 4000	EFI
12	4NR-FE	1329	72.5 x 80.5	11.5	99 / 6000	123 / 4200	EFI
13	5NR-FE	1496	72.5 x 90.6	11.5	107 / 6000	140 / 4200	EFI
14	6NR-FE	1329	72.5 x 80.5	11.5	99 / 6000	123 / 4200	EFI
15	7NR-FE	1496	72.5 x 90.6	11.5	107 / 6000	140 / 4200	EFI
16	8NR-FTS	1197	71.5 x 74.5	10.0	115 / 5200	185/1500-4000	D-4T
17	9NR-FTS	1197	71.5 x 74.5	10.0	115 / 5200	185 / 1500-4000	D-4T

(Sumber. Toyota-Club.Net)

Dikutip dari Toyota-Club.Net aplikasi mobil yang menggunakan seri NR

Yaitu:

1. 1 NR-FE (1.3 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Auris 150 dan 180, Corolla 150 dan 180, Corolla Axio 160, iQ 10, Passo 30, Porte atau Spade 140, Probox atau Succeed 160, Ractis 120, Urban Cruiser, Verso-S, Vitz 130, Yaris 130, Daihatsu Boon, Charade; Subaru Trezia; Aston Martin Cygnet.
2. 1 NR-FKE (1.3 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Ractis 120, Vitz 130; Subaru Trezia.
3. 1NR-FBE (1.3 EFI) tipe'12, aplikasi: Toyota Etios.
4. 1NR-FBE (1.3 EFI DVVT) tipe'16, aplikasi : Toyota Etios, Yaris.
5. 1NR-VE (1.3 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Avanza, Daihatsu Xenia, Sirion, Perodua Bezza, Myvi.
6. 2NR-FE (1.5 EFI) tipe'10, aplikasi mobil : Toyota Etios/Etios Cross.
7. 2NR-FE (1.5 EFI DVVT) tipe'16, aplikasi : Toyota Etios/Etios Cross, Sienta, Vios, Yaris.
8. 2NR-FBE (1.5 EFI) tipe'12, aplikasi : Toyota Etios.
9. 2NR-FBE (1.5 EFI DVVT) tipe 16, aplikasi : Toyota Etios, Yaris
10. 2NR-VE (1.5 EFI DVVT) tipe'13, aplikasi : Toyota Avanza, Perodua Aruz, Myvi.
11. 2NR-FKE (1.5 EFI DVVT-iE), aplikasi : Toyota Corolla Axio 160, Corolla Fielder 160, Porte/Spade 140, Sienta 170, Mitsuoka Ryugi.
12. 3NR-FE (1.2 EFI) tipe'10, aplikasi : Toyota Etios Liva/Cross.
13. 3NR-FE (1.2 EFI DVVT) tipe'13, aplikasi : Toyota Yaris 150.

14. 3NR-VE (1.2 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Agya/Wigo, Calya, Daihatsu Ayla, Sigra.
15. 4NR-FE (1.3 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Vios 150.
16. 5NR-FE (1.5 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Vios 150.
17. 6NR-FE (1.3 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Yaris 150.
18. 7NR-FE (1.5 EFI DVVT), aplikasi : Toyota Yaris 150.
19. 8NR-FTS (1.2 D-4T DVVT-iW), aplikasi : Toyota Corolla/Auris 180, Corolla 210, C-HR.
20. 9NR-FTS (1.2 D-4T DVVT-iW), aplikasi : Toyota Levin 180 dan 210.

Di Indonesia sendiri kendaraan Toyota dengan seri NR pemasarannya baru sampai diseri 1 NR-VE, 2 NR-VE dan 3 NR-VE. Adapun beberapa kendaraan Toyota yang menggunakan seri tersebut bisa dilihat dari tabel dibawah.

**Tabel 9. Kendaraan Toyota Seri NR-Engine**

No	Merek mobil	Tahun	Seri mesin	Kapasitas mesin
1	Avanza Veloz	2015	1 NR-VE	1.300 cc
2	Avanza Veloz	2015	2 NR-VE	1.500 cc
3	Toyota Rush	2017	2 NR-VE	1.500 cc
4	Toyota Vios	2016	2 NR-VE	1.500 cc
5	Toyota Sienta	2016	2 NR-VE	1.500 cc
6	Toyota Yaris	2016	2 NR-VE	1.500 cc
7	Toyota Agya	2017	3 NR-VE	1.200 cc
8	Toyota Calya	2016	3 NR-VE	1.200 cc

(Sumber : <https://www.ngkbusi.com>)

Dari paparan sebelumnya Dapat disimpulkan bahwa mesin NR adalah mesin 4 langkah keluaran Toyota yang memiliki teknologi Dual-VVTi mempunyai penggerak katup DOHC, serta kapasitas mesin 1.200cc sampai

1.500cc, diameter silinder 71.5 mm sampai 72.5 mm, langkah silinder 72.5 mm sampai 90.6 mm, tekanan kompresi 10.0 sampai 11.5, daya 80 Hp sampai 115 Hp, Torsi 104 Nm sampai 185 Nm. Dan beberapa aplikasi mobilnya di Indonesia yaitu terdapat pada : Toyota Avanza Veloz 1NR-VE dan 2NR-VE, Toyota Rush 2NR-VE, Toyota Vios 2NR-VE, Toyota sienta 2NR-VE, Toyota Yaris 2NR-VE, Toyota Calya dan Agya 3NR-VE.

#### **F. Penelitian yang relevan**

Penelitian yang relevan diperlukan sebagai acuan untuk mendukung dan mempertegas teori-teori yang sudah dijelaskan didalam kajian pustaka. Adapun penelitian yang relevan dalam penyusuna proposal penelitian ini adalah sebagai berikut.

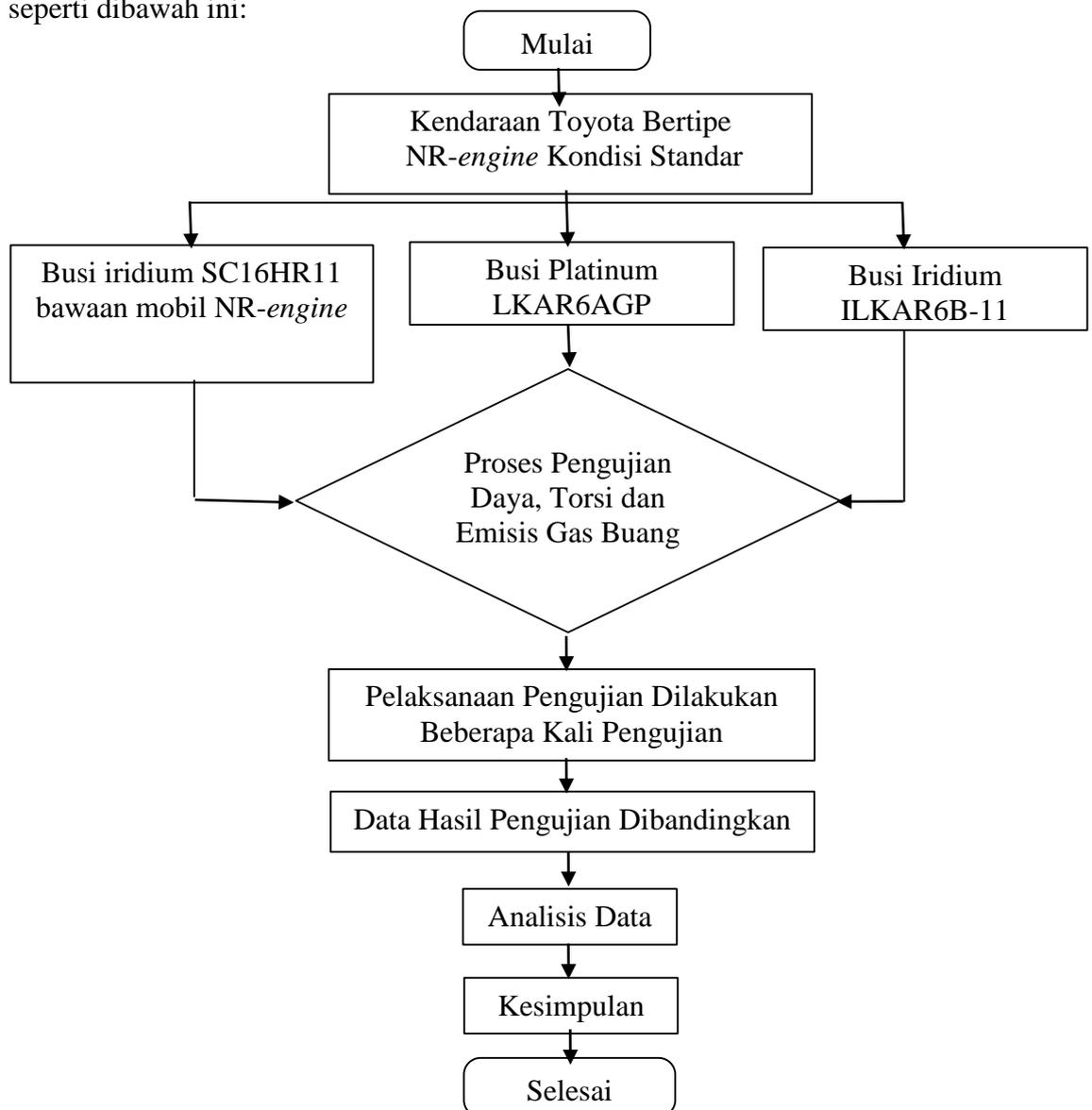
1. Gatot (2013), Pengaruh Penggunaan Busi Dengan Elektroda Nikel, Platinum Dan Iridium Terhadap Performa Motor Bensin Torak *Spark Ignition Engine* (SIE) 4 Langkah 1 Silinder. Dari hasil percobaan yang dilakukan pada engine standar, efektif memberikan kenaikan torsi pada putaran mesin 7000-9000 rpm dimana untuk busi elektroda Platinum memberikan kenaikan torsi sebesar 4,84% dan elektroda Iridium sebesar 8,42%, daya untuk busi elektroda Platinum sebesar 6,43% dan elektroda Iridium 12,02%.
2. Joko Sriyanto (2018), Pengaruh Tipe Busi Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan pemakaian busi standar, busi platinum menurunkan kadar emisi CO 20% dan HC 41%, busi iridium menurunkan kadar CO 29% dan HC

61%, dan pemakaian busi multi elektrode menurunkan kadar CO 8% dan HC 29%. Dengan obyek uji adalah sepeda motor 4 tak 135 cc pada putaran mesin 1500, 3000, dan 5000 rpm Masing-masing pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

3. Feri Kustiawan dkk dalam penelitiannya, Analisa Variasi Busi Terhadap Performa Motor Bensin 4 Langkah. Hasil penelitiannya menunjukkan torsi tertinggi didapatkan pada busi iridium yang mencapai 8,75 NM pada putaran 5069 rpm, daya tertinggi dihasilkan pada busi iridium dan busi kaki dua yang mencapai 8,1 Hp dan 8,1Hp pada putaran 7692 rpm dan 7892 rpm, Konsumsi bahan bakar spesifik terbaik didapatkan pada busi iridium yang mencapai 0,078 Kg/h.Hp pada putaran 6000 rpm. Namun setelah dilakukan uji F didapat semua hasil bahwa menunjukan perbedaan hasil yang tidak signifikan.
4. Prasetio, A. 2020. Analisis Variasi Penggunaan Busi Pada Sepeda Motor Yamaha Vixion Tahun 2015 Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang “menunjukkan hasil bahwa adanya penurunan maupun kenaikan daya, torsi dan emisi gas buang yang tidak signifikan dari pemakaian busi nikel ke busi platinum dan ke iridium dengan melakukan uji t dengan taraf signifikan 5%”.

### G. Kerangka Berfikir

Kerangka penelitian merupakan aliran langkah-langkah yang dilakukan peneliti untuk melakukan proses penelitian. Penelitian ini akan melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya, torsi dan emisi gas buang pada kendaraan Toyota bertipe NR-engine. secara lebih jelas kerangka berpikir penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram kerangka berpikir seperti dibawah ini:



Gambar 11. Kerangka Berfikir

## H. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kerangka berfikir dan tujauan pustaka maka dapat diajukan pertanyaan penelitian,:

1. Bagaimana hasil analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya pada kendaraan Toyota bertipe *NR-engine* ?
2. Bagaimana hasil analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap torsi pada kendaraan Toyota bertipe *NR-engine* ?
3. Bagaimana hasil analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap emisi gas buang kendaraan Toyota bertipe *NR-engine* ?

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maupun pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya, torsi dan emisi gas buang pada Kendaraan Toyota bertipe NR-Engine yaitu pada mobil Toyota Calya 3NR-VE yang menggunakan busi bawaan yaitu busi iridium SC16HR-11 dan busi pembanding yaitu busi platinum LKAR6AGP didapat hasil untuk daya dan torsi terjadi penurunan pada busi platinum LKAR6AGP (busi pembanding) yaitu dengan daya 77,9 Kw dan torsi 136,5 N.m sedangkan busi iridium SC16HR-11 (busi bawaan) memiliki daya 78,63 Kw dan torsi 139,2 N.m. Untuk emisi berupa kadar CO dan CO<sub>2</sub> kedua busi memiliki nilai yang sama yaitu CO 0% dan CO<sub>2</sub> 13,97%. Untuk kadar HC didapat hasil bahwa terjadi peningkatan HC pada busi platinum LKAR6AGP yaitu dengan HC 9 ppm sedangkan busi iridium SC16HR-11 memiliki HC 7 ppm. Namun setelah dilakukan uji statistik ( uji t ) dengan taraf signifikan 5% terhadap daya, torsi dan emisi pada mobil Toyota Calya 3NR-VE antara busi busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum LKAR6AGP didapat semua hasil bahwa  $t_{hitung} < t_{table}$  maka artinya hasil menunjukkan perubahan yang tidak signifikan, ini menandakan bahwa tidak adanya perbedaan hasil daya dan torsi maupun emisi yang signifikan dari ke tiga tipe busi atau bisa dibilang

kemampuan ketiga tipe busi sama dari segi daya, torsi dan emisi gas buang yang dihasilkan.

2. Berdasarkan hasil penelitian melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya, torsi dan emisi gas buang pada kendaraan Toyota bertipe NR-Engine yaitu pada mobil Toyota Calya 3NR-VE yang menggunakan busi bawaan yaitu busi iridium SC16HR-11 dan busi pembanding yaitu busi iridium ILKAR6B-11 didapat hasil untuk daya terjadi penurunan pada busi iridium ILKAR6B-11 (busi pembanding) yaitu dengan daya 77,47 Kw sedangkan busi iridium SC16HR-11 (busi bawaan) memiliki daya 78,63 Kw. Untuk torsi terjadi peningkatan torsi pada busi iridium ILKAR6B-11 (busi pembanding) yaitu dengan torsi 141,8 N.m sedangkan busi iridium SC16HR-11 (busi bawaan) memiliki torsi 139,2 N.m. untuk emisi berupa kadar CO dan CO<sub>2</sub> kedua busi memiliki nilai yang sama yaitu CO 0%. dan CO<sub>2</sub> 13,9%. Untuk kadar HC didapat hasil bahwa terjadi penurunan HC pada busi iridium ILKAR6B-11 yaitu dengan HC 6 ppm sedangkan busi iridium SC16HR-11 memiliki HC 7 ppm. Namun setelah dilakukan uji statistik ( uji t ) dengan taraf signikan 5% terhadap daya, torsi dan emisi pada mobil Toyota Calya 3NR-VE antara busi busi iridium SC16HR-11 dan busi iridium ILKAR6B-11 didapat semua hasil bahwa  $t_{hitung} < t_{table}$  maka artinya hasil menunjukan perubahan yang tidak signifikan, ini menandakan bahwa tidak adanya perbedaan hasil daya dan torsi maupun emisi yang signifikan dari ke tiga tipe busi atau bisa dibilang kemampuan ketiga tipe busi sama dari segi daya, torsi dan emisi gas buang yang dihasilkan.

3. Berdasarkan hasil penelitian melakukan analisa penggunaan tipe busi yang berbeda terhadap daya, torsi dan emisi gas buang pada kendaraan Toyota bertipe NR-Engine yaitu pada mobil Toyota Calya 3NR-VE. Didapat data busi iridium SC16HR-11 daya 78,63 Kw di 5575 RPM, torsi 139,2 N.m di 4374 RPM dan emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,97%, HC 7 PPM. Busi platinum LKAR6AGP daya 77,9 Kw di 5702 RPM, torsi 136,5 N.m di 4285 RPM dan emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,97%, HC 9 ppm. Sedangkan busi iridium ILKAR6B-11 daya 77,47 Kw di 5450 RPM, torsi 141,8 N.m di 3971 RPM dan emisi CO 0%, CO<sub>2</sub> 13,9%, HC 6 ppm. Dari data tersebut didapat daya tertinggi terdapat pada busi iridium SC16HR-11 sebesar 78,63 Kw, untuk torsi tertinggi terdapat pada busi iridium ILKAR6B-11 sebesar 141,8 N.m. Untuk kadar CO dan CO<sub>2</sub> ketiga busi memiliki nilai yang sama yaitu dengan CO 0% dan CO<sub>2</sub> 13,9%. Sedangkan untuk HC terendah terdapat pada busi iridium ILKAR6B-11 sebesar 6 ppm. Namun dari semua hasil uji statistik ( uji t ) dengan taraf signifikan 5% terhadap daya, torsi dan emisi pada mobil Toyota Calya 3NR-VE antara ke tiga tipe busi didapat semua hasil bahwa  $t_{hitung} < t_{table}$  maka artinya hasil menunjukkan perubahan yang tidak signifikan, ini menandakan bahwa tidak adanya perbedaan hasil daya dan torsi maupun emisi yang signifikan dari ke tiga tipe busi atau bisa dibilang kemampuan ketiga tipe busi sama dari segi daya, torsi dan emisi gas buang yang dihasilkan.

## B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas dan diuraikan, maka penulis menyarankan beberapa hal berikut :

1. Busi yang disarankan digunakan dalam penelitian ini yaitu kalau dilihat dari segi daya, torsi dan emisi gas buang yang dihasilkan dari penelitian ketiga tipe busi memiliki performa yang sama karena hasil penelitian menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Namun dari segi harga dan masa pakai dari ketiga tipe busi, busi yang menguntungkan digunakan yaitu busi iridium SC16HR-11 dan busi platinum LKAR6AGP. Kerena busi iridium SC16HR-11 memiliki masa pakai yang cukup lama yaitu sekitar 100 ribu km (masa pakai sesuai standar pabrik) dan harga untuk 4 buah busi yaitu sekitar 360.000 dan juga peneliti menyarankan menggunakan busi platinum LKAR6AGP busi ini memiliki masa pakai yang lebih rendah yaitu sekitar 40 ribu km (masa pakai sesuai standar pabrik), 50% lebih rendah dari busi bawaan mobil (busi iridium SC16HR-11) namun memiliki harga 50% lebih murah yaitu 160.000 untuk 4 buah busi, kalau dijumlahkan ke dua tipe busi ini memiliki perbandingan harga masa pergantian yang sama yaitu 1 kali harga masa pergantian busi iridium SC16HR-11 sama dengan 2 kali harga masa pergantian busi platinum LKAR6AGP. kalau untuk busi iridium ILKAR6B-11 mungkin tidak disarankan untuk digunakan kerena tidak menguntungkan diakibatkan harga busi 2 kali lipat lebih mahal dari busi bawaan mobil (busi iridium SC16HR-11) yaitu sekitar 980.000 untuk 4 buah busi dan masa pakai nya sama degan busi bawaan mobil (busi iridium SC16HR-11) yaitu sekitar 100 ribu km (masa pakai sesuai standar pabrik).

2. Penelitian ini masih terbatas pada objek penelitian mobil Toyota Calya bertipe NR-Engine, sehingga dirasa perlu untuk melakukan treatment yang sama pada kendaraan Toyota lain yang bertipe NR-Engine dan pengambilan data pengujian lebih banyak lagi agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Juga peneliti ini masih terbatas pada pengujian daya, torsi dan emisi (CO, CO<sub>2</sub> dan HC) untuk peneliti lanjutan disarankan melakukan penelitian mengenai konsumsi bahan bakar dari ke tiga tipe busi ini.
4. Peneliti menyarankan jika penelitian ini dilanjutkan coba untuk mengganti koil sistem pengapiannya sekaligus ke yang racing dan gunakan busi yang peneliti gunakan, agar daya, torsi dan emisi lebih terasa kenaikannya atau masih sama saja setelah penggantian koil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, Mukhlis. 2003. *Isu Lingkungan Hidup*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Amien Nugroho. (2005). *Ensiklopedi Otomotif*. Jakarta : Grandmedia Pustakan Utama
- Arikunto, Suharsimi. (2000). *Manajemen Penelitian*. Jakarta : PT. Rineka Cipta
- Bahrul Amin. 2013. *Teknologi Motor Bakar*. Padang : UNP
- Bahrul Amin. Dkk . 2016. *Teknologi Motor Bensin*. Padang : UNP
- Bintoro (2013). *Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan*. Malang : Kementrian Pendidikan Dan Budaya
- 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 Sciene And Mathematics*. Burlington : Elsevier
- Daryanto. 2003. *Dasar-dasar Teknik Mobil*. Jakarta: Bumi Aksara
- Daryanto. 2008. *Motor Bakar untuk Mobil*. Jakarta: Rineka Cipta
- Daryanto. (2013). *Prinsip dasar mesin otomotif (bekal keterampilan bagi pemula)*. Bandung : CV. Alfabeta
- Daihatsu. 2001. *Training Manual Intermediate 2*. Jakarta : PT. Astra Daihatsu Motor.
- Erzeddinalwi. 2014. *Teknologi Sepeda Motor*. Padang : UNP
- F. Kustiawan, 2016. *Analisis Variasi Busi Terhadap Motor Bensin 4 Langkah*. PhD Thesis: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: KANISIUS
- Fernandez, Donny. 2009. “Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC) dan Karbonmonoksida (CO)”. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol 12 no 1. Hal 82