

**ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN *DOUBLE TURBO CYCLONE*  
TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA TOYOTA AVANZA 2NR-VE 2018**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**FADLY MARYANTO PUTRA  
NIM/BP. 14073057/2014**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF  
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2021**

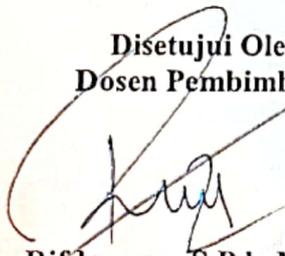
**HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN *DOUBLE TURBO CYCLONE*  
TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA TOYOTA AVANZA 2NR-VE 2018**

Nama : Fadly Maryanto Putra  
NIM/BP : 14073057/2014  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Jurusan : Teknik Otomotif  
Fakultas : Teknik

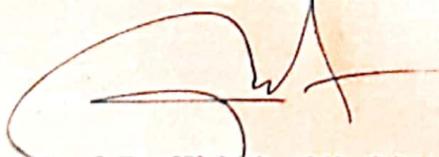
Padang, November 2021

**Disetujui Oleh  
Dosen Pembimbing**



**Rifdarmon, S.Pd., M.Pd.T**  
**NIP. 197709112006021002**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan**



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

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah diberitahukan didepan Tim Penguji Skripsi.

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan Teknik Otomotif

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

Nama : Fadly Maryanto Putra  
NIM/BP : 14073057/2014  
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif  
Judul skripsi : Analisis Pengaruh Pemasangan *Double Turbo Cyclone* Terhadap Torsi Dan Daya Pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018

Padang, November 2021

Tim Penguji

1. Ketua : Rifdarmon, S.Pd., M.Pd.T
2. Sekretaris : Donny Fernandes, S.Pd., M.Sc
3. Anggota : Hendra Dani Saputra, S.Pd., M, Pd.T

Tanda Tangan

1. ....

2. ....

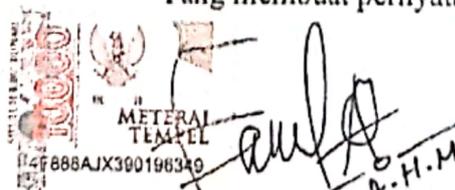
3. ....

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya berupa tugas akhir skripsi dengan judul “Analisis pengaruh pemasangan *Double Turbo Cyclone* terhadap Torsi dan daya pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018”, adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan dari pihak lain kecuali dari pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dituliskan atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, November 2021  
Yang membuat pernyataan



METERAI  
TEMPEL  
4F888AJX390198349

Fadly Maryanto Putra  
NIM. 14073057

## ABSTRAK

### **Fadly Maryanto Putra (2014) : ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN *DOUBLE TURBO CYCLONE* TERHADAP TORSI DAN DAYA PADA TOYOTA AVANZA 2NR-VE 2018**

Pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 dengan kapasitas mesin 1.500cc tidak terlepas dari *output* awal yaitu tentang pengukuran serta perbandingan bagaimana pengaruh pemakaian *double turbo cyclone* terhadap torsi dan daya yang di ukur dan dilakukan pengujiannya dengan menggunakan *dynamometer*, terlepas dari poin pokok pada pengukuran awal penggunaan *double turbo cyclone* pengukuran emisi gas buang yang akan dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat *four gas analyzer* yang nanti juga akan menjadi pengukuran tahap akhir.

Penelitian eksperimen ini menggunakan *treatment* atau perlakuan terhadap kelompok tertentu dan selanjutnya evaluasi untuk melihat pengaruhnya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh pemasangan *double turbo cyclone* terhadap peningkatan torsi dan daya pada Toyota Avanza 1500 cc mesin 4 langkah. Torsi rata-rata yang dihasilkan oleh mesin tanpa penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara yaitu 167,5 Nm di 4010 Rpm, setelah pemasangan *double turbo cyclone* torsi rata-rata yang dihasilkan menjadi 176,4 Nm di 4117 Rpm.

Hasil dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemasangan *double turbo cyclone* dapat menghasilkan peningkatan torsi pada sebuah mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 yaitu sebesar 8.9 Nm. Serta daya rata-rata yang dihasilkan oleh mesin tanpa penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara yaitu 91,8 Kw di 4010 Rpm, setelah pemasangan *double turbo cyclone* daya rata-rata yang dihasilkan menjadi 96,2 Kw di 4117 Rpm. Hasil dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemasangan *double turbo cyclone* dapat menghasilkan peningkatan daya pada sebuah mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 yaitu sebesar 4,4 Kw.

#### **Kata Kunci**

***Turbo Cyclone, Torsi dan Daya***

## KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Warahmatullahiwabarakatuh Puji syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya serta hidayah-Nya yang telah memberikan kekuatan pada peneliti, sehingga telah dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Analisis Pengaruh Pemasangan Double Turbo Cyclone Terhadap Torsi dan Daya Pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018”**.

Shalawat beserta salam tidak lupa peneliti ucapkan kepada junjungan alam, yakni Nabi Muhammad S.A.W yang telah memberikan perubahan kepada manusia. Proposal Penelitian ini, disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (UNP)

Dalam penyusunan skripsi ini, peneliti telah banyak mendapat bantuan dan dorongan baik materil maupun moril dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini peneliti dengan segala kerendahan hati 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 Rifdarmon, S.Pd., M.Pd.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu Dosen pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah memberikan ilmu dan pengalaman studi yang sangat bermanfaat bagi peneliti.
5. Teristimewa untuk kedua orang tua Penulis dan seluruh keluarga yang selalu memberi peneliti motivasi dan semangat baik berupa materil maupun spiritual.
6. Seluruh rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Jurusan Teknik Otomotif Tahun 2014 dan semua pihak yang telah ikut memberikan dorongan demi menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas jasa baik bapak dan ibu serta rekan-rekan semua.  
Amin.

Dalam penyusunan skripsi ini takkan luput dari kekhilafan. Oleh karena itu dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa yang akan datang.

Padang, 8 November 2021

Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>viii</b>

### **BAB I. PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Pembatasan Masalah .....	5
D. Perumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	7

### **BAB II. KERANGKA TEORI**

A. Landasan Teori.....	8
1. Motor Pembakaran Dalam .....	8
2. Proses Pembakaran Motor Bakar .....	11
3. Sistem Induksi Udara Pada Mesin EFI .....	15
4. Hal-hal yang Mempengaruhi Kinerja Mesin.....	18
5. Parameter Kerja Mesin .....	22
6. <i>Turbo Cyclone</i> .....	30
7. Analisis Volumetris Motor Bensin .....	35
8. Dinamometer .....	37
9. Prinsip Kerja Dinamometer .....	39
10. Toyota Avanza 2NR-VE 2018 .....	40
B. Penelitian Yang Relevan.....	42
C. Kerangka Konseptual .....	44

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

A. Desain Penelitian.....	45
B. Desain Operasional.....	46
C. Diagram Alir Penelitian.....	48
D. Variabel Penelitian .....	48
E. Tempat dan Waktu Penelitian .....	49
F. Objek Penelitian .....	50

G. Jenis dan Sumber Data .....	50
H. Alat dan Bahan Penelitian.....	51
I. Prosedur Pengujian.....	51
J. Teknik Pengumpulan Data.....	52
K. Analisa Data.....	53

#### **BAB IV. HASIL PENELITIAN**

A. Deskripsi Data.....	54
1. Data Hasil Torsi.....	54
2. Data Hasil Daya.....	57
B. Hasil Penelitian .....	60
1. Uji Normalitas .....	60
2. Uji T .....	63
C. Pembahasan.....	68
1. Pengujian Torsi.....	69
2. Pengujian Daya.....	69
D. Keterbatasan Penelitian .....	70

#### **BAB V. PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	71
B. Saran .....	73

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>74</b>
----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>76</b>
-----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1 : Pola Penelitian .....	46
Tabel 2 : Spesifikasi Mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018.....	50
Tabel 3 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	52
Tabel 4 : Hasil Pengujian Menggunakan <i>Double Turbo Cyclone</i> ...	52
Tabel 5 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	54
Tabel 6 : Hasil Pengujian <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Tabel 7 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	57
Tabel 8 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Tabel 9 : Uji Normalitas Pengujian Torsi.....	59
Tabel 10 : Uji Normalitas Pengujian Daya.....	62
Tabel 11 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	63
Tabel 12 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	63
Tabel 13 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	64
Tabel 14 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	65
Tabel 15 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	66
Tabel 16 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1 : <i>Internal Combustion Engine</i> .....	9
Gambar 2 : Langkah Hisap .....	12
Gambar 3 : Langkah Kompresi.....	13
Gambar 4 : Langkah Usaha .....	14
Gambar 5 : Langkah Buang.....	15
Gambar 6 : Sistem Induksi Udara Mesin L-EFI.....	16
Gambar 7 : Sistem Induksi Udara Mesin D-EFI .....	17
Gambar 8 : Efisiensi Volumetris dan Efisiensi Pengisian .....	21
Gambar 9 : <i>Exhaust Gas Analyzer</i> .....	29
Gambar 10 : <i>Turbo Cyclone</i> .....	31
Gambar 11 : Aliran udara lurus dan pusaran .....	32
Gambar 12 : Alat dan bahan pembuatan <i>double turbo cyclone</i> .....	34
Gambar 13 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>box air filter</i> .....	35
Gambar 14 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>throttle body</i> .....	35
Gambar 15 : Skema Dinamometer .....	37
Gambar 16 : Prinsip kerja Dinamometer .....	39
Gambar 17 : Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 18 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	55
Gambar 19 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Gambar 20 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Gambar 21 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	59

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1 : Pola Penelitian .....	46
Tabel 2 : Spesifikasi Mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018.....	50
Tabel 3 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	52
Tabel 4 : Hasil Pengujian Menggunakan <i>Double Turbo Cyclone</i> ...	52
Tabel 5 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	54
Tabel 6 : Hasil Pengujian <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Tabel 7 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	57
Tabel 8 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Tabel 9 : Uji Normalitas Pengujian Torsi.....	59
Tabel 10 : Uji Normalitas Pengujian Daya.....	62
Tabel 11 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	63
Tabel 12 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	63
Tabel 13 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	64
Tabel 14 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	65
Tabel 15 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	66
Tabel 16 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1 : <i>Internal Combustion Engine</i> .....	9
Gambar 2 : Langkah Hisap .....	12
Gambar 3 : Langkah Kompresi.....	13
Gambar 4 : Langkah Usaha .....	14
Gambar 5 : Langkah Buang.....	15
Gambar 6 : Sistem Induksi Udara Mesin L-EFI.....	16
Gambar 7 : Sistem Induksi Udara Mesin D-EFI .....	17
Gambar 8 : Efisiensi Volumetris dan Efisiensi Pengisian .....	21
Gambar 9 : <i>Exhaust Gas Analyzer</i> .....	29
Gambar 10 : <i>Turbo Cyclone</i> .....	31
Gambar 11 : Aliran udara lurus dan pusaran .....	32
Gambar 12 : Alat dan bahan pembuatan <i>double turbo cyclone</i> .....	34
Gambar 13 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>box air filter</i> .....	35
Gambar 14 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>throttle body</i> .....	35
Gambar 15 : Skema Dinamometer .....	37
Gambar 16 : Prinsip kerja Dinamometer .....	39
Gambar 17 : Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 18 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	55
Gambar 19 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Gambar 20 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Gambar 21 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	59

## DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1 : Pola Penelitian .....	46
Tabel 2 : Spesifikasi Mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018.....	50
Tabel 3 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	52
Tabel 4 : Hasil Pengujian Menggunakan <i>Double Turbo Cyclone</i> ...	52
Tabel 5 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	54
Tabel 6 : Hasil Pengujian <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Tabel 7 : Hasil Pengujian Kondisi Standar.....	57
Tabel 8 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Tabel 9 : Uji Normalitas Pengujian Torsi.....	59
Tabel 10 : Uji Normalitas Pengujian Daya.....	62
Tabel 11 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	63
Tabel 12 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	63
Tabel 13 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	64
Tabel 14 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ).....	65
Tabel 15 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ).....	66
Tabel 16 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1 : <i>Internal Combustion Engine</i> .....	9
Gambar 2 : Langkah Hisap .....	12
Gambar 3 : Langkah Kompresi.....	13
Gambar 4 : Langkah Usaha .....	14
Gambar 5 : Langkah Buang.....	15
Gambar 6 : Sistem Induksi Udara Mesin L-EFI.....	16
Gambar 7 : Sistem Induksi Udara Mesin D-EFI .....	17
Gambar 8 : Efisiensi Volumetris dan Efisiensi Pengisian .....	21
Gambar 9 : <i>Exhaust Gas Analyzer</i> .....	29
Gambar 10 : <i>Turbo Cyclone</i> .....	31
Gambar 11 : Aliran udara lurus dan pusaran .....	32
Gambar 12 : Alat dan bahan pembuatan <i>double turbo cyclone</i> .....	34
Gambar 13 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>box air filter</i> .....	35
Gambar 14 : Pemasangan <i>double turbo cyclone</i> pada <i>throttle body</i> .....	35
Gambar 15 : Skema Dinamometer .....	37
Gambar 16 : Prinsip kerja Dinamometer .....	39
Gambar 17 : Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 18 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	55
Gambar 19 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Gambar 20 : Hasil Pengujian tanpa <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Gambar 21 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Tabel 1 : Pola Penelitian .....	46
Tabel 2 : Spesifikasi Mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 .....	50
Tabel 3 : Hasil Pengujian Kondisi Standar .....	52
Tabel 4 : Hasil Pengujian Menggunakan <i>Double Turbo Cyclone</i> ...	52
Tabel 5 : Hasil Pengujian Kondisi Standar .....	54
Tabel 6 : Hasil Pengujian <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	56
Tabel 7 : Hasil Pengujian Kondisi Standar .....	57
Tabel 8 : Hasil Pengujian dengan <i>Double Turbo Cyclone</i> .....	58
Tabel 9 : Uji Normalitas Pengujian Torsi .....	59
Tabel 10 : Uji Normalitas Pengujian Daya .....	62
Tabel 11 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ) .....	63
Tabel 12 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ) .....	63
Tabel 13 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	64
Tabel 14 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Statistics</i> ) .....	65
Tabel 15 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Correlations</i> ) .....	66
Tabel 16 : Uji T Standard ( <i>Paired Samples Test</i> ).....	67

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Perkembangan teknologi otomotif di Indonesia pada akhir-akhir ini meningkat begitu pesat, berbagai macam teknologi otomotif banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Menipisnya persediaan dan naiknya harga bahan bakar telah membuat banyak orang berupaya untuk mencari bahan bakar alternatif dan meningkatkan efisiensi pembakaran pada kendaraan bermotor. Teknologi otomotif merupakan suatu hal yang menarik untuk dikembangkan karena semakin maju ilmu pengetahuan tentang motor bakar tentang pengaruh terhadap unjuk kerja motor bakar. Upaya dalam meningkatkan efisiensi motor bakar dengan memperbaiki proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar yang disebut dengan *Turbo Cylone*.

Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan dari meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yaitu meningkatnya konsumsi bahan bakar. Bahan bakar minyak (BBM) yang bersumber dari fosil merupakan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*) dengan kata lain apabila dipakai terus-menerus akan menipis dan habis. Meningkatnya konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain campuran bahan bakar dengan udara yang tidak ideal, tekanan kompresi yang tidak sesuai dengan spesifikasi mesin, nilai oktan bahan bakar yang digunakan rendah, serta pembakaran yang tidak sempurna.

Proses pembakaran yang tidak sempurna mengakibatkan tenaga yang dihasilkan campuran bahan bakar serta udara menjadi tidak maksimal sehingga konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan. Untuk mendapatkan campuran bahan bakar dengan udara yang lebih homogen atau tercampur secara merata dapat dilakukan dengan membuat pusaran udara yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga bahan bakar memiliki kesempatan yang lebih besar untuk bercampur dengan udara dan menjadi lebih merata. Aliran yang berpusar dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar juga akan mempercepat proses transfer panas. Pencampuran antara campuran yang terbakar dengan yang belum terbakar akan meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga konsumsi bahan bakar lebih efisien (Marsudi, 2013). Untuk membuat pusaran udara yang masuk ke dalam silinder dapat dilakukan dengan menambahkan peralatan yang mampu mengubah aliran lurus (*laminar*) udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar menjadi aliran pusaran (*turbulen*) yakni dengan menggunakan *turbo cyclone* serta memodifikasi saluran masuk bahan bakar *intake manifold*.

Salah satu teknologi otomotif yang berkembang sampai saat ini adalah penggunaan *double turbo cyclone* pada *intake manifold* mobil. *Double turbo cyclone* merupakan salah satu teknologi pemampatan udara, dengan cara udara melewati *double turbo cyclone* lebih dibuat pusaran yang lebih fokus. Alat tambahan ini digunakan pada *internal combustion engine* yang berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke ruang bakar menjadi berputar atau *swirling*. *Double turbo cyclone* ini mirip *swirl fan* yang sudu-

sudunya atau *blade* tidak berputar dan ditempatkan pada saluran udara masuk atau *intake manifold*. (Marsudi, 2013).

Menurut Marsudi (2013) *Turbo cyclone* adalah alat tambahan yang digunakan pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar atau *swirling*. *Turbo cyclone* ini mirip *swirl fan* yang sudu-sudunya tidak berputar (*fixed vane*) dan ditempatkan pada saluran udara masuk. Berputarnya aliran udara akan meningkatkan efisiensi pencampuran bahan bakar dengan udara (*fuel/air mixing*), meningkatkan intensitas pembakaran dan menstabilkan nyala api pembakaran dengan memanfaatkan zona yang masih dipengaruhi perputaran (*internal recirculation zone*) serta dapat memperbaiki kecepatan perambatan api sehingga pembakaran yang sempurna dapat dicapai.

Selain pemasangan *double turbo cyclone* untuk meningkatkan campuran bahan bakar dan udara dapat dilakukan dengan memodifikasi saluran masuk bahan bakar (*intake manifold*). Hal ini dapat dilakukan dengan cara membuat alur atau ulir didalam saluran *intake manifold*. Tujuan dari pembuatan ulir ini adalah untuk merubah laju aliran campuran bahan bakar yang bersifat laminar menjadi turbulen. Dalam aliran turbulen yang terjadi di dalam *intake manifold* partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan-lintasan yang tidak teratur sehingga membentuk aliran berputar (*swirl*). Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat pencampuran bahan bakar dan udara sehingga pembakaran juga dapat dipercepat.

Sehingga hasil dari pemampatan udara tersebut dapat dimampatkan sesuai dengan jumlah sudu *double turbo cyclone* yang dihasilkan. Pemasangan *double turbo cyclone* menyebabkan adanya perubahan karakteristik aliran udara yaitu timbulnya *pressure drop* pada ruang bakar dan udara yang masuk ke dalam *intake manifold* menuju ke ruang bakar akan terbentuk secara turbulen. Pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 dengan kapasitas mesin 1.500cc tidak terlepas dari *output* awal yaitu tentang pengukuran serta perbandingan bagaimana pengaruh pemakaian *double turbo cyclone* terhadap torsi dan daya yang di ukur dan dilakukan pengujiannya dengan menggunakan *dynamometer*, terlepas dari poin pokok pada pengukuran awal penggunaan *double turbo cyclone* pengukuran emisi gas buang yang akan dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat *four gas analyzer* yang nanti juga akan menjadi pengukuran tahap akhir.

Sejalan dengan permasalahan yang penulis paparkan di atas, penulis tertarik untuk mengkaji lebih lanjut, maka penulis rumuskan suatu judul tulisan tentang **“Analisis Pengaruh Pemasangan *Double Turbo Cyclone* Terhadap Torsi dan Daya pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018”**.

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang masalah yang dikemukakan dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Adanya perbandingan performa mesin pada mobil Toyota Avanza 1500 cc tentang torsi dan daya dengan pemakaian *double turbo cyclone*.
2. Kurangnya responsif mobil Toyota Avanza 1500 cc pada saat melakukan akselerasi saat mengubah percepatan pada transmisi.
3. Terjadi knocking saat rpm putaran rendah sampai putaran tengah.

## **C. Pembatasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka penelitian ini dibatasi pada Analisis Pengaruh Pemasangan *Double Turbo Cyclone* Terhadap Daya dan Torsi Pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018.

## **D. Perumusan Masalah**

Sesuai dengan identifikasi dan pembatasan masalah yang dikemukakan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah cara pembuatan *double turbo cyclone* yang akan di pakai pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018?
2. Bagaimanakah cara pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018?
3. Dengan adanya pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 apakah performa mesin dapat meningkat?
4. Dengan adanya pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 apakah mesin menjadi lebih responsif?

5. Dengan adanya pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 apakah meminimalisir terjadinya gangguan *knocking* pada mesin?
6. Dengan adanya pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 bagaimana cara melakukan pengukuran torsi?
7. Dengan adanya pemasangan *double turbo cyclone* pada mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 bagaimana cara melakukan pengukuran daya?

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

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya perubahan aliran udara ke ruang bakar yang nantinya akan berpengaruh pada torsi dan daya, adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa serta mengukur torsi dengan mengkomparasi antara pemakaian *double turbo cyclone* dan tidak memakai *double turbo cyclone*.
2. Menganalisa serta mengukur daya dengan mengkomparasi antara pemakaian *double turbo cyclone* dan tidak memakai *double turbo cyclone*.

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan *double turbo cyclone* diharapkan nantinya bisa dipergunakan atau di aplikasikan pada seluruh bentuk kendaraan bermotor, baik itu mesin konvensional maupun mesin injeksi.
2. Dengan adanya penelitian tentang *double turbo cyclone* diharapkan nantinya mampu untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada mesin, seperti kurangnya responsif mesin, terjadinya knocking pada mesin dan aliran udara masuk yang kurang efisien kedalam ruang bakar.
3. Penggunaan *double turbo cyclone* juga berdampak positif pada performa mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018.
4. Dapat memberikan informasi ilmiah serta menambah wawasan pengetahuan mengenai *double turbo cyclone* pada mesin pembakaran dalam.
5. Sebagai bahan referensi bagi semua pihak yang berminat untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang *double turbo cyclone* secara lebih luas dan mendalam.

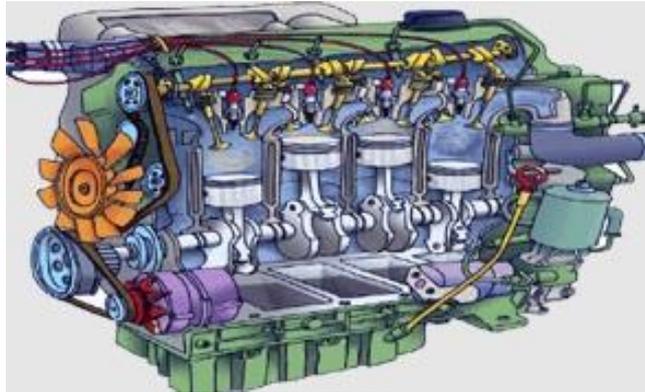
## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Motor Pembakaran Dalam (*Internal Combustion Engine*)**

Motor Pembakaran dalam atau disebut dengan istilah motor bakar adalah suatu mesin konversi energi yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil dari pembakaran, di mana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2006). Pada dasarnya motor bakar merupakan pesawat kalori yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Energi kimia dari bahan bakar bercampur dengan udara dilakukan proses pembakaran atau oksidasi untuk menghasilkan energi panas, energi panas tersebut menghasilkan peningkatan tekanan di dalam ruang bakar yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan torak (*piston*). Torak tersebut mendistribusikan energi untuk menghasilkan gerak rotasi pada poros engkol (*crankshaft*) sebagai keluaran dari mekanisme motor bakar. Mesin konversi energi yang tergolong dalam jenis motor pembakaran dalam adalah motor bensin (motor *otto*), dan motor diesel.



Gambar 1. *Internal Combustion Engine*

Motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi; blok silinder (*cylinder block*), kepala silinder (*cylinder head*), poros engkol (*crankshaft*), piston, batang piston (*connecting rod*), roda penerus (*fly wheel*), poros cam (*cam shaft*), dan mekanik katup (*valve mechanic*). Blok silinder adalah komponen motor yang paling besar, sebagai tempat pemasangan komponen mekanik dan sistem-sistem lainnya. Blok silinder mempunyai lubang silinder tempat piston bekerja. Di bagian bawahnya terdapat ruang engkol (*crank case*), mempunyai dudukan bantalan (*bearing*) untuk pemasangan poros engkol. Bagian silinder dikelilingi oleh lubang-lubang saluran air pendingin dan lubang oli. Kepala silinder dipasang di bagian atas blok silinder, dan di kepala silinder terdapat ruang bakar, mempunyai saluran masuk dan buang, sebagai tempat pemasangan mekanisme katup.

Poros engkol dipasang pada kedudukan blok silinder bawah yang diikat dengan bantalan. Dipasang pula dengan batang piston bersama piston dan kelengkapannya. Sedangkan roda penerus dipasang pada pangkal poros engkol (*flens crank shaft*). Roda penerus dapat menyimpan tenaga, membawa piston dalam siklus kerja motor, menyeimbangkan putaran dan mengurangi getaran mesin. Perubahan tenaga panas menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika katup hisap terbuka, campuran bahan bakar dan udara masuk melalui *saluran intake manifold* ke dalam ruang bakar. Campuran bahan bakar dan udara tersebut dimampatkan atau dikompresikan oleh torak dan saat posisi torak sebelum mencapai titik mati atas (TMA), busi memercikan bunga api dan menimbulkan ledakan.

Ledakan dari pembakaran kemudian mendorong torak turun ke bawah. Fenomena ini disebut dengan langkah usaha atau ekspansi. Saat torak terdorong turun oleh ledakan hasil pembakaran tersebut, diteruskan ke poros engkol oleh batang torak dan poros engkol mengubah menjadi gerakan putar. Ketika katup buang membuka selanjutnya gas panas hasil pembakaran didorong oleh gerakan torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) ke udara luar melalui knalpot.

## 2. Proses Pembakaran Motor Bakar

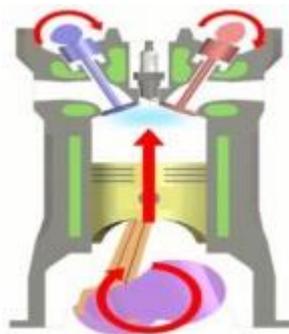
Sebagaimana yang telah dijelaskan diatas motor bakar bensin maupun motor bakar diesel memanfaatkan energi kimia dari bahan bakar dicampur dengan udara yang diubah menjadi energi panas untuk menghasilkan energi mekanis. Proses untuk menghasilkan energi panas dari bahan bakar harus melalui proses reaksi kimia. Proses reaksi kimia harus memenuhi tiga unsur untuk mencapai terjadinya pembakaran. Tiga unsur tersebut yaitu kalor, bahan bakar, dan udara. Apabila salah satu unsur tersebut tidak terpenuhi maka tidak akan terjadi pembakaran dalam ruang bakar.

Perubahan tenaga panas menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika katup hisap terbuka, campuran bahan bakar dan udara masuk melalui saluran intake manifold ke dalam ruang bakar. Campuran bahan bakar dan udara tersebut dimampatkan atau dikompresikan oleh torak dan saat posisi torak sebelum mencapai titik mati atas (TMA), busi memercikan bunga api dan menimbulkan ledakan. Ledakan dari pembakaran kemudian mendorong torak turun ke bawah. Fenomena ini disebut dengan langkah usaha atau ekspansi. Saat torak terdorong turun oleh ledakan hasil pembakaran tersebut, diteruskan ke poros engkol oleh batang torak dan poros engkol mengubah menjadi gerakan putar. Ketika katup buang membuka selanjutnya gas panas hasil pembakaran didorong oleh gerakan torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) ke udara luar melalui knalpot.

Pada motor 4 tak, untuk menghasilkan 1 kali usaha dibutuhkan 4 kali langkah naik turun torak dari TMA ke TMB, 2 kali gerak putar poros engkol dan 1 kali putaran poros cam. 4 langkah torak yaitu, langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Adapun proses yang terjadi pada langkah - langkah tersebut adalah sebagai berikut.

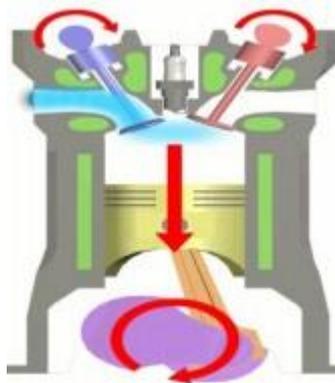
#### a. Langkah Hisap

Pada langkah ini katup hisap (*intake valve*) terbuka dan katup buang (*exhaust valve*) tertutup. Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) porol engkol (*crankshaft*) bergerak 180°. gerakan tersebut menciptakan kevakuman di dalam ruang silinder yang berakibat terjadinya perbedaan tekanan antara udara di dalam silinder dan diluar silinder. Hal ini menyebabkan tekanan di dalam silinder sangat rendah dan mengakibatkan campuran udara - bahan bakar terhisap masuk ke dalam silinder melalui saluran masuk (*intake manifold*). Ketika piston bergerak sampai ke titik mati bawah (TMB) katup hisap tertutup. (Marsudi, 2013:8)



Gambar 2. Langkah Hisap

### b. Langkah Kompresi



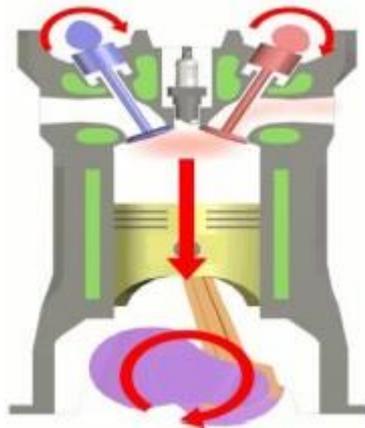
Gambar 3. Langkah Kompresi

Setelah torak menyelesaikan langkah hisap, posisi piston yang berada di TMB (titik mati bawah) bergerak ke TMA (titik mati atas) dan crankshaft berputar 180°, katup masuk menutup begitupun katup buang masih dalam keadaan menutup. Gerakan piston ke atas menyebabkan campuran udara yang berada di dalam silinder dikompresikan atau dimampatkan. Selaras dengan aksi kompresi tersebut, selama proses kompresi, suhu campuran udara dan bahan bakar meningkat mencapai ratusan derajat, hal ini sangat penting dan mempengaruhi pembakaran campuran udara dan bahan bakar. Beberapa saat sebelum piston mencapai TMA, busi memercikan bunga api sehingga gas yang telah mencapai temperatur dan tekanan tinggi itu akan terbakar.

### c. Langkah Usaha

Pada langkah usaha atau ekspansi terjadi proses kerja sebagai berikut. Torak bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah), poros engkol berputar setengah putaran 180°, posisi katup

hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup karena pembakaran tersebut bertekanan dan temperatur di dalam silinder menjadi tinggi sehingga mendorong piston bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah).



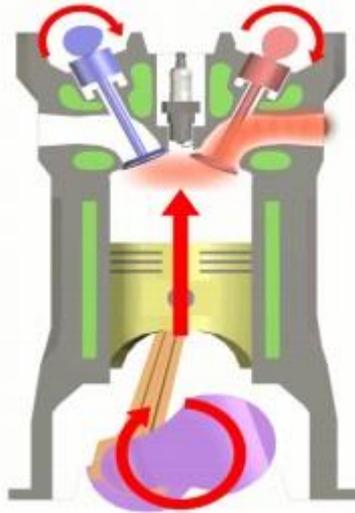
Gambar 4. Langkah Usaha

Saat inilah tenaga panas dirubah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik sehingga menghasilkan usaha atau ekspansi, tenaga gerak piston disalurkan batang piston ke poros engkol dan diubah menjadi tenaga gerak berputar, saat piston berada TMB (titik mati bawah), katup hisap masih dalam keadaan tertutup sehingga katup buang mulai terbuka.

#### **d. Langkah Buang**

Pada langkah buang terjadi proses kerja sebagai berikut. Torak bergerak dari TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas), poros engkol (crankshaft) berputar setengah lingkaran 180° dan katup hisap masih dalam keadaan tertutup dan katup buang terbuka, piston

mendorong gas sisa pembakaran keluar dari ruang silinder melalui saluran buang terus ke udara luar melalui knalpot.



Gambar 5. Langkah Buang

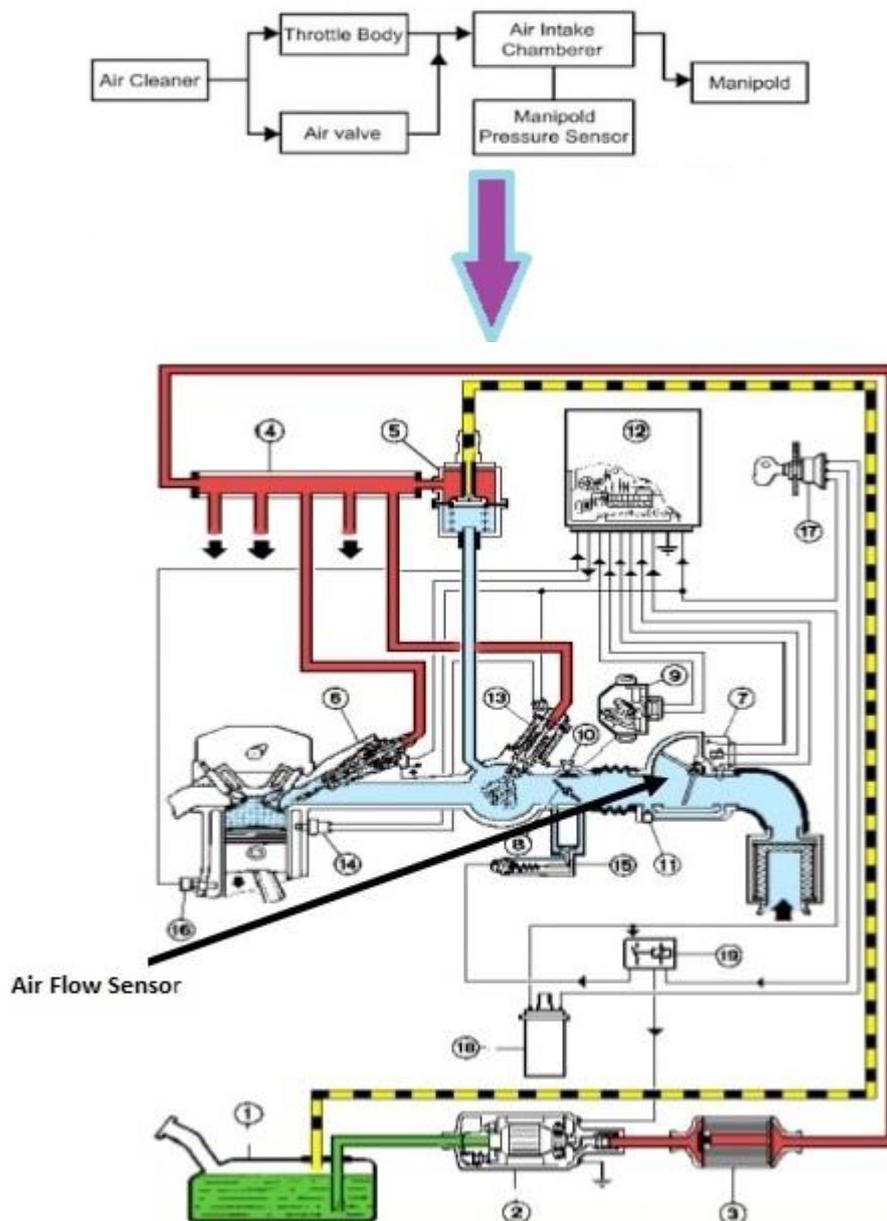
Setelah langkah buang selesai, yaitu pada saat piston berada di TMA (titik mati atas) katup hisap mulai terbuka dan katup buang kembali tertutup. Siklus berikutnya dimulai lagi dengan mengulangi langkah-langkah yang sama pada siklus diatas (Marsudi, 2013:8).

### 3. Sistem Induksi Udara Pada Mesin EFI

Salah satu hal utama yang harus diperhatikan dalam mesin EFI adalah masukan udara ke dalam silinder melalui *intake manifold*. Bahkan bukan hanya jumlah udaranya saja yang diperhitungkan tetapi juga temperatur udara dan juga tekanan udaranya. Dengan spesifikasi udara yang demikian, mesin akan dapat mencapai puncak performanya dan yang paling penting emisi gas buang yang terbebas dari zat kimia berbahaya dapat terpenuhi. Untuk itulah diperlukan sistem induksi udara (Marsudi, 2013:8).

### a. Sistem Induksi Udara L-EFI

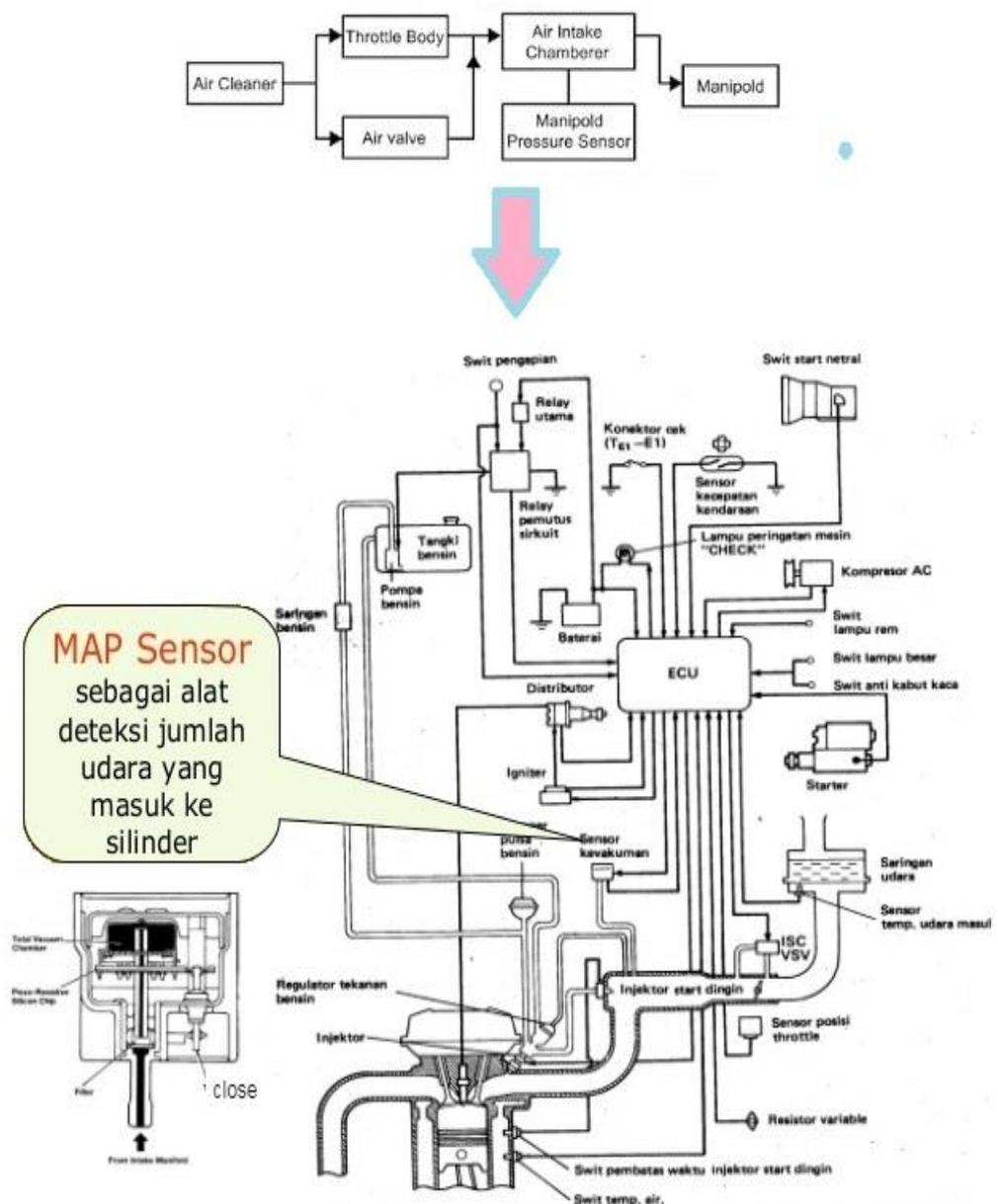
Jenis pertama induksi udara pada mesin EFI adalah jenis L-EFI. Sistem ini dikembangkan oleh Jerman sepertinya. Karena L-EFI diambil dari kata *luft* untuk L yang berarti *udara* dalam bahasa Indonesia. Jenis ini secara garis besar ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6. Sistem Induksi Udara Mesin L-EFI

Dalam sistem L-EFI, jumlah udara yang mengalir melalui *intake manifold* diukur oleh *airflow* meter yang tentu saja terdeteksi oleh sensor MAF. *Airflow* meter mengukur jumlah udara dengan sangat akurat. Sistem ini sesungguhnya lebih akurat dibandingkan dengan sistem D-EFI yang akan kita bahas pada bagian berikutnya.

## b. Sistem Induksi Udara D-EFI



Gambar 7. Sistem Induksi Udara Mesin D-EFI

Jenis kedua sistem induksi udara adalah jenis D-EFI. Secara keseluruhan jenis ini ditunjukkan pada gambar berikut. Sistem ini sering pula disebut “*D-Jetronic*” yaitu merk dagang dari *Bosch*. Huruf D singkatan dari *Druck* (bahasa Jerman) yang berarti tekanan dan *Jetronic* yang berarti penginjeksian. Seperti yang disampaikan pada jenis pertama, bahwa jenis ini tidak begitu akurat dalam memperhitungkan jumlah udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Sistem ini mengukur tekanan udara di dalam *intake manifold* dan melakukan perhitungan jumlah udara yang masuk.

Baik jenis L-EFI maupun D-EFI keduanya dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung. Sensor-sensor yang terdapat pada sistem induksi udara ini berfungsi memonitor dan mendeteksi keadaan temperatur udara, jumlah aliran udara yang masuk atau tekanan kevakuman di dalam *intake manifold* dan sensor TPS. Sinyal-sinyal yang berasal dari sensor-sensor tersebut merupakan input ECU (*Electronic Control Unit*).

#### **4. Hal-hal yang Mempengaruhi Kinerja Mesin**

Yang dimaksud dengan kinerja mesin adalah prestasi dari suatu mesin dimana prestasi tersebut erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut. Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi kemampuan mesin yang dapat dijelaskan sebagai berikut.

### a. Volume Langkah Total

Volume langkah total dari seluruh silinder dari suatu mesin dihitung dari titik mati atas (TMA) sampai titik mati bawah (TMB). Volume langkah ini akan mempengaruhi volume gas yang masuk keseluruhan silinder. Gas yang masuk akan menghasilkan energi pembakaran setelah gas tersebut dibakar. Apabila gas yang masuk jumlahnya besar maka hasil energi pembakarannya juga akan besar. Apabila volume langkahnya kecil maka gas yang masuk juga sedikit dan energi hasil pembakarannya juga akan kecil. Mesin bakar adalah mesin perubah energi panas menjadi energi mekanik, apabila energi panas yang dihasilkan jumlahnya besar, maka energi mekanik mekanik yang dihasilkan juga akan besar (Kristanto Phillip, 2015).

### b. Perbandingan Kompresi

Perbandingan kompresi adalah perbandingan volume langkah dan volume ruang bakar dibanding volume volume ruang bakar. Rasio kompresi atau perbandingan kompresi dapat dirumuskan:

$$\epsilon = \frac{V_1 + V_2}{V_1} \dots\dots\dots(Persamaan I)$$

Keterangan:

V1 = volume silinder pada saat piston di TMA (titik mati atas)

V2 = isi silinder

Sedangkan untuk mencari V2 digunakan rumus:

Isi silinder =  $\frac{1}{4} \times D^2 \times S$

D = diameter silinder

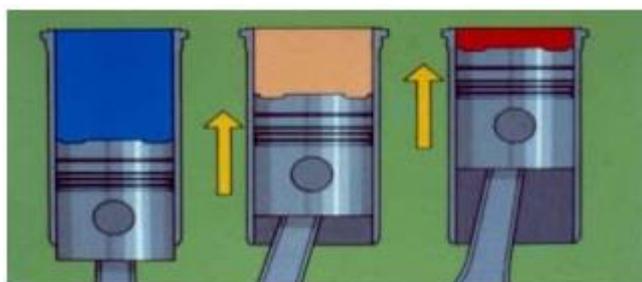
S = panjang langkah gerak piston (stroke)

Harga besaran dari perbandingan kompresi pada suatu mesin sangat tergantung pada besarnya volume ruang bakar. Apabila volume ruang bakar mengecil maka harga perbandingan kompresi akan membesar begitu juga sebaliknya. Apabila harga perbandingan kompresi membesar, maka akan membesar harga tekanan kompresinya yang selanjutnya akan menaikkan tekanan pembakaran. Seperti telah diketahui sebelumnya apabila tekanan pembakaran besar maka daya mesin yang dihasilkan juga akan besar. Jadi apabila akan menaikkan daya dari suatu mesin salah satu caranya adalah menaikkan kompresi melalui perubahan bentuk ruang bakar (Kristanto Phillip, 2015).

### **c. Efisiensi Volumetric dan Efisiensi Pengisian**

Jumlah volume campuran bahan bakar yang masuk ke dalam silinder pada saat langkah isap secara teoritis sama dengan volume langkah piston dan TMA ke TMB. Volume ini selanjutnya akan menghasilkan tenaga apabila campuran gas tersebut dibakar. Tetapi kenyataannya terdapat beberapa penyimpangan yang menyebabkan volume campuran gas yang masuk ke dalam silinder lebih kecil dari volume langkah piston. Penyimpangan tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor yaitu tekanan udara, temperatur udara, sisa gas bekas, panjang saluran dan bentuk saluran (Kristanto Phillip, 2015).

Besarnya volume gas yang sebenarnya masuk ke dalam silinder dapat dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume campuran gas yang masuk dengan volume langkah piston dari TMA ke TMB angka perbandingan ini selanjutnya disebut “Efisiensi Volumetrik” (Kristanto Phillip, 2015). Dalam hal ini menentukan berat dari suatu gas haruslah ditentukan dulu patokan dari temperatur dan tekanan, sehingga dapat diketahui perubahan dari volume menjadi berat untuk gas tersebut. Sebagai patokan telah ditetapkan dengan suatu harga temperatur dan tekanan yang biasanya dikenal dengan “*Standard Temperature and Pressure*” yang menetapkan bahwa temperatur standar =  $t_0 = 150\text{ C}$  dan tekanan standart =  $P_0 = 760\text{ cmHg} = 1$  atmosfer.



Gambar 8. Efisiensi Volumetris dan Efisiensi Pengisian

Dapat dilihat hubungan antara berat, volume tekanan serta temperatur dari suatu gas. Dengan kondisi tertentu dari suatu gas juga dapat ditentukan berat dari gas tersebut dimana apabila berat gas yang masuk ke dalam silinder diperbandingkan dengan berat gas yang sebenarnya masuk ke dalam silinder. Dengan kondisi tertentu pula akan didapat suatu harga perbandingan yang sama dengan efisiensi

volumetrik, apabila kondisi-kondisi gas berubah ke kondisi standart, maka baik dalam bentuk volume maupun besar dari gas bila diperbandingkan seperti telah diuraikan sebelumnya akan menghasilkan suatu harga perbandingan yang selanjutnya disebut dengan “Efisiensi Pengisian” (Kosjoko, 2002).

Nilai dari efisiensi volumetric dan efisiensi pengisian bila semakin besar, maka semakin banyak campuran gas yang masuk kedalam silinder. Hal ini berarti akan semakin besar daya yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Bila keadaan sebaliknya, maka hasilnya pun akan sebaliknya. Biasanya disebabkan oleh bentuk dan panjang dari saluran hisap serta kecepatan mesin, nilai dari efisiensi volumetric atau pengisian tidak mungkin mencapai 100% (sekitar 65-85%). Tetapi apabila proses pemasukan gas dibantu dengan tekanan yang melebihi tekan atmosfer maka nilai efisiensi pengisian akan melebihi 100% sedangkan harga efisiensi volumetric tetap tidak dapat melebihi 100%.

## **5. Parameter Kerja Mesin**

Parameter kerja mesin yang dibahas pada penelitian ini ialah *specific power output* yang meliputi torsi dan daya. Secara teori, kondisi torsi dan daya ditentukan oleh sebuah mesin, semakin tinggi hasilnya maka kondisi mesin dalam keadaan baik.

### a. Torsi

Menurut Hasan Maksun, (2012) "Torsi (momen puntir) suatu motor adalah kekuatan poros engkol yang akhirnya menggerakkan kendaraan. Kekuatan putar poros ini pada mesin dihasilkan oleh pembakaran yang efeknya mendorong piston naik turun. Piston naik turun menyebabkan poros engkol ikut berputar yang kemudian akan ditransfer menuju ke roda-roda penggerak sehingga mencapai ke roda".

Menurut Wiratmaja (2010) menyatakan bahwa" Torsi momen puntir adalah suatu ukuran kemampuan motor untuk menghasilkan kerja. Didalam prakteknya torsi motor berguna pada waktu kendaraan akan bergerak (start) atau sewaktu mempercepat laju kendaraan, dan tenaga berguna untuk memperoleh kecepatan tinggi. Besarnya torsi akan sama, berubah-ubah atau berlipat, torsi timbul akibat adanya gaya tangensial pada jarak dari sumbu putaran."

Gaya tekan putar pada bagian yang berputar disebut torsi, motor bakar digerakan oleh torsi dari cranksaft, Julius Jama dan Wagino (2008) Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja. Satuan torsi biasanya dikatakan dalam satuan NM (Newton Meter). Rumus untuk menghitung torsi adalah sebagai berikut:

$$T= F.r.....(\text{Persamaan 2})$$

Dimana

$T = \text{Torsi (Nm)}$

$F = \text{Gaya (N)}$

$r = \text{Jarak benda ke pusat rotsi (m)}$

Pengaruh dari Torsi yaitu sebuah benda bisa berputar terhadap porosnya, sehingga benda itu dapat berhenti jika terjadi gaya yang berlawanan dengan nilai yang sama besar. Berdasarkan pendapat para ahli di atas, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa torsi adalah suatu ukuran motor dengan momen puntir yang dihasilkan pada mesin pada waktu proses pembakaran yang selanjutnya akan ditransfer melalui poros engkol dan diteruskan sampai ke roda kendaraan.

#### **b. Daya**

Aliran turbulen merupakan gerakan tidak beraturan (random) dengan gumpalan fluida bergerak ke segala arah dan tidak beraturan Permatasari dan Riyono, (2007). Menurut Wiratmaja, (2010) "Daya adalah hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energy yang dihasilkan per satuan waktu mesin itu beroperasi". pada motor bensin, Brake Horse Power (BHP) merupakan besaran yang mengindikasikan horse power actual yang dihasilkan oleh mesin. Selain itu, Susilo, (2015). menyatakan "Daya kerja motor atau prestasi kerja motor adalah gerakan/putaran mesin yang menghasilkan kerja persatuan waktu".

Wiranto, (2005) Mengemukakan bahwa daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Daya menjelaskan besarnya output kerja mesin yang berhubungan dengan waktu atau rata-rata kerja yang dihasilkan. Daya berkaitan dengan kecepatan dan putaran atas mesin hal ini terlihat dari beberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu, dengan satuan kW (Kilowatt) atau HP (Horse power).

Menurut Wiranto, (2005) untuk menghitung besarnya daya motor langkah digunakan rumus :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} (kW) \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3)}$$

Dimana

P = Daya (kW)

n = Putaran mesin (RPM)

T = Torsi (Nm)

1kW = 1.34 (hp)

Berdasarkan beberapa pendapat para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa pengertian daya adalah suatu proses kerja mesin yang melalui proses pembakaran di dalam mesin, waktu yang besarnya dapat kita dilihat dengan satuan (HP) atau (KW). Untuk melakukan pengukuran daya dapat menggunakan alat ukur yaitu *dynamometer*, daya yang diukur menggunakan alat *dynamometer* ini adalah daya yang sangat efektif yaitu daya berguna sebagai penggerak atau daya poros.

### c. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksud adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat emisi pokok yang dihasilkan kendaraan. Beberapa zat yang tercantum pada emisi gas buang sebagai berikut:

#### 1) *Hidro Karbon (HC)*

Senyawa hidro karbon (*HC*) terjadi karena bahan bakar belum terbakar, tetapi sudah terbang bersama gas buang akibat pembakaran kurang sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa hidro karbon (*HC*) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan *HC* lain yang keluar bersama gas buang. Senyawa *HC* akan berdampak terasa pedih di mata, mengakibatkan tenggorokan sakit, penyakit paru-paru dan kanker (Siswantoro, Lagiyono, & Siswiyanti).

#### 2) *Karbon Monoksida (CO)*

Karbon monoksida (*CO*) tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara). *CO* yang dikeluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan

udara yang dihisap oleh mesin. Untuk mengurangi *CO* perbandingan campuran ini harus dibuat kurus, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang lain yaitu *NOx* akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. *CO* sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau dan dapat mengakibatkan pusing dan mual (Siswantoro et al.).

### 3) Nitrogen Oksida (*NOx*)

Nitrogen Oksida (*NOx*) merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur nitrogen 80%. Senyawa *HC*, *CO*, dan *NOx* merupakan gas beracun yang terdapat dalam gas bekas kendaraan, sedangkan gas bekas kendaraan sendiri umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun seperti *N<sub>2</sub>* (*Nitrogen*), *CO<sub>2</sub>* (gas karbon), dan *H<sub>2</sub>O* (uap air). Komposisi dari gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin adalah 72% *N<sub>2</sub>*, 18,1% *CO<sub>2</sub>*, 8,2% *H<sub>2</sub>O*, 1,2% *Gas Argon* (gas mulia), 1,1% *O<sub>2</sub>*, dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% *NOx*, 0,09% *HC*, dan 0,9% *CO*. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan polusi udara (Siswantoro et al.).

#### 4) *Oksigen (O<sub>2</sub>)*

Pembakaran yang tidak sempurna dalam mesin menyisakan oksigen ke udara. Oksigen yang tersisa ini semakin kecil bila mana pembakaran terjadi makin sempurna (Syahrani, 2006). Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi *CO<sub>2</sub>*. Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1.2 % atau lebih kecil bahkan mungkin 0%. *O<sub>2</sub>* yang terlalu tinggi disebabkan terjadinya kebocoran pada exhaust sistem dan *AFR* (rasio udara bahan bakar) terlalu kurus. Banyak gangguan-gangguan yang menyebabkan *O<sub>2</sub>* meningkat yaitu karena adanya gangguan mesin mulai dari pengapian terganggu, timing terlalu maju, coil mati, celah busi terlalu kecil, dan saluran udara tersumbat (Abdillah & Sugondo, 2014).

#### 5) *Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)*

Emisi *CO<sub>2</sub>* berkisar antara 12% sampai 15% yang diizinkan pemerintah. Konsentrasi *CO<sub>2</sub>* menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar (Abdillah & Sugondo, 2014). Gas buang terjadi di luar *exhaust* yaitu di knalpot, pengukuran yang dilakukan menggunakan alat yaitu *gas analyzer*. Gas yang diukur dalam pengukuran gas buang yaitu: kadar *CO*, kadar *CO<sub>2</sub>*, kadar *HC*, kadar *O<sub>2</sub>* dan kadar *NOX*

**d. Pengukuran Emisi Gas Buang Motor Bensin Menggunakan *Exhaust Gas Analyzer***

Untuk mengukur emisi gas buang pada motor bensin dapat dilakukan dengan sebuah alat yang disebut “*Exhaust Gas Analyzer*” atau “*Four Gas Analyzer*” seperti terlihat pada gambar berikut ini,



Gambar 9. *Exhaust Gas Analyzer*

Adapun prosedur penggunaannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Langkah Persiapan

- Hubungkan semua *accesoris* pada *stargas*.
- Hubungkan *stargas* pada sumber tegangan listrik (220 Volt) atau dengan *battery* 12 Volt.
- Tekan *switch* di belakang *stargas* pada posisi *ON*.
- Hidupkan unit hingga muncul display *STARGAS*.
- Aplikasikan semua *accesoris* alat pada kendaraan (kabel + kabel *ground*, *probe temperatur*).
- Tekan *ENTER*.
- Pilih menu “*GAS ANALYSIS*” lalu tekan “*ENTER*”.
- Pilih “*MEASUREMENT*” lalu tekan “*ENTER*”.
- Pilih “*STANDARD TEST*” lalu tekan “*ENTER*” .

- Kemudian muncul display pengukuran.
  - *Warming up* : Pemanasan  $\pm 20$  detik.
  - *Auto Zero* : *Reset – 0 – otomatis*.
  - Setelah proses *autozero* selesai alat baru dapat digunakan.
- 2) Pengujian
- Pastikan kendaraan pada suhu kerja mesin dan putaran idel serta AC tidak hidup
  - Pasang probe pada knalpot
  - Lihat data yang terbaca hingga data tersebut stabil
  - Lakukan penyetelan jika hasil pengukuran tidak sesuai dengan spesifikasi.
- 3) Langkah Print out (untuk mencetak hasil pengujian)
- Tekan tombol "*MENU*"
  - Tekan tombol "*FI*" atau yang bergambar kertas
  - Tekan tombol "*FI*" lagi kemudian masukkan data kendaraan
  - Catatan : \* Sebaiknya alat harus selalu terhubung ke listrik PLN  
\* Bersihkan filter agar pengukuran akurat

## 6. *Turbo Cyclone*

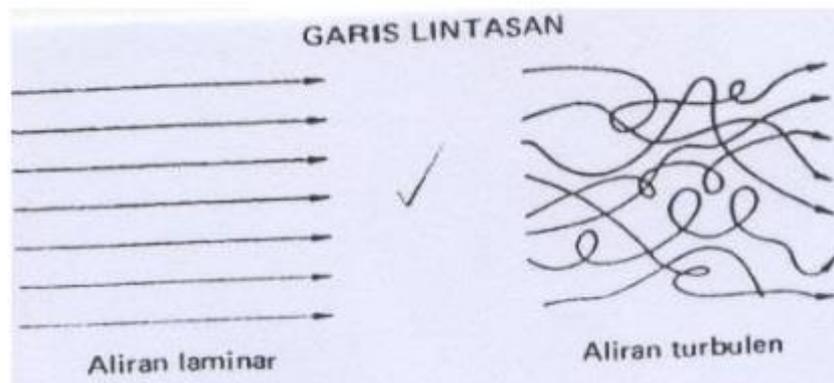
Perkembangan teknologi otomotif di Indonesia pada akhir–akhir ini meningkat begitu pesat, berbagai macam teknologi otomotif banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari–hari. Menipisnya persediaan dan naiknya harga bahan bakar telah membuat banyak orang berupaya untuk mencari bahan bakar alternatif dan meningkatkan efisiensi pembakaran pada kendaraan bermotor.

Teknologi otomotif merupakan suatu hal yang menarik untuk dikembangkan karena semakin maju ilmu pengetahuan tentang motor bakar tentang pengaruh terhadap unjuk kerja motor bakar. Upaya dalam meningkatkan efisiensi motor bakar dengan memperbaiki proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar juga dilakukan oleh Sei Y Kim melalui alat temuannya yang disebut dengan *Double Turbo Cyclone*.



Gambar 10. *Double Turbo Cyclone*

Salah satu teknologi otomotif yang berkembang sampai saat ini adalah penggunaan *turbo cyclone* pada *intake manifold* mesin. *Turbo cyclone* merupakan salah satu teknologi pemampatan udara, dengan cara udara melewati *turbo cyclone* lebih dibuat pusaran yang lebih fokus. Alat tambahan ini digunakan pada *internal combustion engine* yang berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam ruang bakar dan silinder ruang bakar menjadi berputar atau *swirling*. *Turbo cyclone* ini mirip *swirl fan* yang sudu-sudunya (*blade*) tidak berputar dan ditempatkan pada saluran udara masuk atau intake manifold. (Ping Wang, 2005).



Gambar 11. Aliran udara lurus dan pusaran

*Laminer* adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dan garis-garis arusnya halus. Dalam aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur secara mulus pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat steady maksudnya alirannya tetap. “Tetap” menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan aliran tidak berubah menurut waktu (Kristanto Phillip, 2015).

Aliran fluida pada pipa, diawali dengan aliran laminar kemudian pada fase berikutnya aliran berubah menjadi aliran turbulen. Fase antara laminar menjadi turbulen disebut aliran transisi. Aliran laminar mengikuti hukum Newton tentang viskositas yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Tetapi pada viskositas yang rendah dan kecepatan yang tinggi aliran. Bisa diambil kesimpulan mengenai ciri-ciri aliran laminar yaitu: fluida bergerak mengikuti garis lurus, kecepatan fluidanya rendah, viskositasnya

tinggi dan lintasan gerak fluida teratur antara satu dengan yang lain (Kristanto Phillip, 2015).

*Turbulen* merupakan kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan. Aliran turbulen dicirikan oleh kecepatan fluida yang berfluktuasi secara acak dan aliran yang bercampur pada level makroskopik. Pada aliran turbulen, fluida tidak bergerak pada suatu garis arus yang halus dan kecepatan fluida berubah secara acak terhadap waktu (Cahya Glenn, 2013).

Untuk mendapatkan campuran bahan bakar dengan udara yang lebih homogen atau tercampur secara merata dapat dilakukan dengan membuat pusaran udara yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga bahan bakar memiliki kesempatan yang lebih besar untuk bercampur dengan udara dan menjadi lebih merata. Aliran yang berpusar dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar juga akan mempercepat proses transfer panas. Pencampuran antara campuran yang terbakar dengan yang belum terbakar akan meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga konsumsi bahan bakar lebih efisien (Marsudi, 2014). Untuk membuat pusaran udara yang masuk ke dalam silinder dapat dilakukan dengan menambahkan peralatan yang mampu mengubah aliran lurus (*laminar*) udara sebelum masuk ke dalam ruang bakar menjadi aliran pusaran

(*turbulen*) yakni dengan menggunakan *turbo cyclone* serta memodifikasi saluran masuk bahan bakar *intake manifold*.

Sehingga hasil dari pemampatan udara tersebut dapat dimampatkan sesuai dengan jumlah sudu *turbo cyclone* yang dihasilkan. Pemasangan *Turbo cyclone* menyebabkan adanya perubahan karakteristik aliran udara yaitu timbulnya *pressure drop* pada ruang bakar dan udara yang masuk ke dalam *intake manifold* menuju ke ruang bakar akan terbentuk secara turbulen.

**a. Proses perancangan *double turbo cyclone***



Gambar 12. Alat dan bahan pembuatan *double turbo cyclone*

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan *double turbo cyclone* sebagai berikut:

- Plat baja tebal 0,3 mm
- Gunting
- Pengores besi
- Kunci tang
- Solder

### b. Proses pemasangan *double turbo cyclone*



Gambar 13. Pemasangan *double turbo cyclone* pada *box air filter*



Gambar 14. Pemasangan *double turbo cyclone* pada *throttle body*

## 7. Analisis Volumetris Motor Bensin

Menurut Marsudi (2013: 1), motor bensin merupakan mesin penghasil tenaga dengan mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi gerak melalui proses pembakaran di dalam silindernya. Menurut pendapat M Ihwanudin (2013: 22), sumber tenaga mesin hanyalah mengubah campuran udara dan bahan bakar menjadi energi gerak berputar,

yang sering diukur dengan Horse Power (HP). Campuran udara dan bahan bakar yang dikabutkan oleh karburator atau injector akan mengalir kedalam ruang bakar yang selanjutnya akan dikompresi dan dibakar didalam silinder.

Pembakaran tersebut akan menyebabkan panas yang menghasilkan tekanan untuk mendorong piston turun dalam silinder, akibat ledakan di ruang bakar hingga mampu memutar poros engkol. Banyaknya jumlah bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar untuk dibakar secara efektif akan mempengaruhi hasil dari output tenaga mesin. Campuran yang terlalu kaya akan membuat mesin tersebut bekerja tidak normal, hal ini akan membuat mesin menghasilkan tenaga yang lebih kecil. Cara terbaik yang dilakukan adalah dengan membuat campuran antara udara dan bahan bakar yang ideal, yaitu sekitar 1 : 15 sampai 1 : 13.

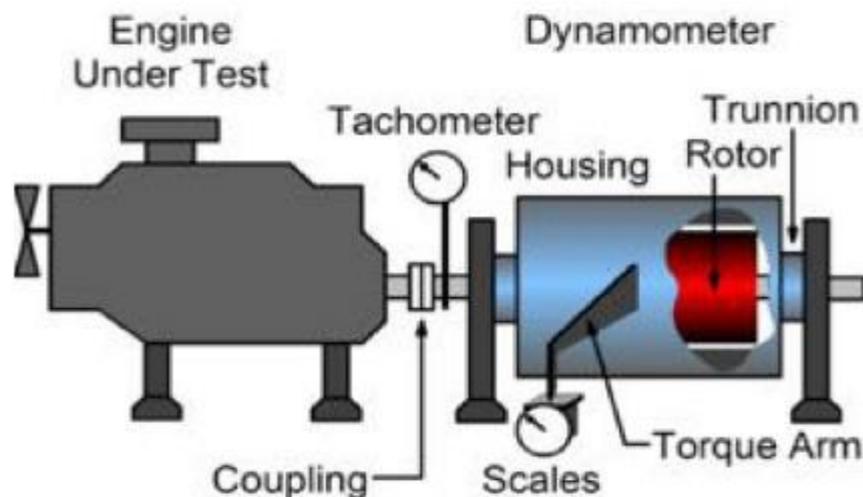
Wiranto Arismunandar (2005: 22) memandang bahwa Kemampuan mesin adalah prestasi suatu mesin/motor yang erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan selama proses pembakaran. Beberapa hal yang mempengaruhi kemampuan mesin yaitu, volume silinder, perbandingan kompresi, efisiensi volumetrik silinder, efisiensi pemasukan udara dan bahan bakar, efisiensi kerja motor, daya kerja motor, daya spesifik motor. Menurut Astu P. Djati N (2006: 23), Ada tiga faktor yang menentukan besarnya tenaga mesin yang dihasilkan oleh motor bensin:

- a. Efisiensi mesin, yaitu seberapa besar dorongan pada piston dalam silinder yang dihasilkan oleh gaya putar roda penerus (fly wheel).

- b. Efisiensi panas (thermal), yaitu seberapa banyak campuran udara dan bahan bakar yang harus dibakar didalam ruang silinder secara keseluruhan untuk mendorong piston bergerak turun menuju TMB secara efisien.
- c. Efisiensi volumetrik, yaitu membuat saluran dengan ukuran yang tepat agar jumlah udara dan bahan bakar dapat masuk kedalam ruang silinder secara optimal.

## 8. Dinamometer

Dinamometer adalah suatu mesin yang digunakan untuk mengukur torsi (*torque*) dan daya (*power*) yang diproduksi oleh suatu mesin motor atau penggerak berputar lain.



Gambar 15. Skema Dinamometer

Bagian-bagian dari dynamometer antara lain:

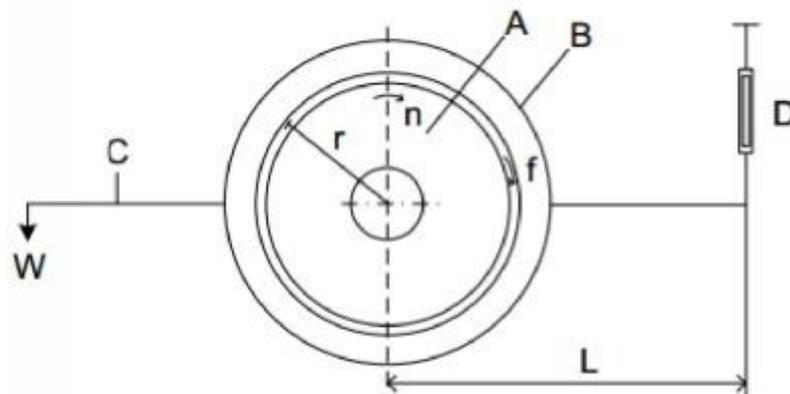
- a. *Engine under test*, yaitu mesin yang akan diuji unjuk kerjanya.
- b. *Coupling*, yaitu suatu sambungan antara mesin dan poros dynamometer.
- c. *Tachometer* untuk mengukur kecepatan putaran mesin.

- d. *Rotor*, suatu komponen berputar yang akan menyerap daya dari mesin dan dikopel pada mesin uji.
- e. *Housing*, bagian luar dinamometer yang akan ikut bergerak karena putaran rotor. Housing harus dikondisikan dalam keadaan bebas bergerak.
- f. *Torque arm*, yaitu lengan torsi yang dihubungkan pada housing.
- g. *Scales*, yaitu neraca yang digunakan untuk menunjukkan skala pembebanan untuk menghitung torsi.
- h. *Trunnion*, yaitu bearing agar housing dapat dalam kondisi bebas bergerak.

Terdapat beberapa jenis dinamometer, seperti dinamometer normal Prinsip kerja dinamometer ini menyerap daya yang diukur pengukuran torsi dan kerjanya adalah dinamometer memutar suatu alat yang penggerak dapat berupa motor atau generator. Untuk berbagai aktivitas pengembangan mesin seperti kalibrasi pengontrol manajemen mesin, pengembangan sistem pembakaran dsb.

## 9. Prinsip Kerja Dinamometer

Meskipun terdapat banyak tipe dinamometer, tetapi pada prinsipnya semua dinamometer bekerja seperti gambar berikut,



Gambar 16. Prinsip kerja Dinamometer

Keterangan :

$r$  : Jari-jari rotor ( $m$ )

$W$  : Beban pengimbang ( $Kg$ )

$f$  : Gaya kopel ( $N$ )

$L$  : Panjang lengan pengimbang ( $m$ )

Prinsip kerjanya adalah saat rotor A diputar oleh sumber daya motor yang diuji, dengan stator dalam keadaan setimbang. Bila dalam keadaan diam maka ditambahkan sebuah beban pengimbang  $W$  yang dipasangkan pada lengan  $C$  dan diengselkan pada stator  $B$ . Karena gesekan yang timbul, maka gaya yang terjadi di dalam stator diukur dengan timbangan  $D$  dan penunjukannya merupakan beban atau muatan dinamometer. Dalam satu poros, keliling rotor bergerak sepanjang  $2.\pi.r$  melawan gaya kopel  $f$ . Jadi tiap putaran adalah  $2.\pi.r.f$ .

Momen luar yang dihasilkan dari pembacaan  $D$  dan lengan  $L$  harus setimbang dengan momen putar yaitu  $r \times f$ , maka  $r \times f = D \times L$ . Jika motor berputar dengan  $n$  putaran tiap menit, maka kerja per menit harus sama dengan  $2.\pi.D.L.n$ , harga ini merupakan suatu daya, karena menurut definisi daya dibatasi oleh waktu, kecepatan putar dan kerja yang terjadi.

#### **10. Toyota Avanza 2NR-VE 2018**

Dunia otomotif merupakan salah satu bidang yang dapat memberikan peluang bisnis menguntungkan. Hal tersebut didasarkan pada fakta bertambahnya jumlah mobil yang diikuti dengan perkembangan teknologi otomotif yang bervariasi. Saat ini pasar mobil di Indonesia didominasi oleh mobil serba guna alias lowMPV (Low Multi Purpose Vehicle). Mobil lowMPV ini merupakan sarana transportasi untuk menunjang segala aktivitas seseorang setiap harinya. Mobil serba guna ini diperkenalkan pertama kali oleh Toyota. Sebelum adanya merek lain yang mengisi pasar lowMPV pada saat itu, mobil tersebut menjadi fenomena tersendiri bagi sejarah otomotif nasional.

Toyota Avanza adalah salah satu otomotif yang berhasil memiliki penjualan mobil tertinggi yaitu sebesar 1 juta unit hanya dalam waktu 9 tahun sejak pertama kali diluncurkan (Otosia, 2013). Keberhasilan Toyota Avanza langsung mendongkrak pertumbuhan segmen pasar low MPV. Sampai-sampai Museum Rekor Indonesia (MURI) mencatat rekor Toyota Avanza sebagai kendaraan yang mencapai penjualan 1 juta unit tercepat untuk semua kategori jenis mobil (2004 hingga Maret 2013). Rekor MURI

ini bukanlah satu-satunya yang diraih Toyota Avanza, model lowMPV ini juga mencatat rekor sebagai kendaraan peraih penghargaan The Best Mini lowMPV selama 7 tahun berturut-turut (2006 hingga 2012) untuk semua kategori jenis mobil (DetikOto, 2013).

Dengan diluncurkannya Toyota Avanza pada saat itu total penjualan segmen lowMPV yang semula hanya 39.730 unit pada tahun 2003, melonjak hampir tiga kali lipat pada tahun 2004 menjadi 114.109 unit (Okenews, 2014). Penjualan Toyota Avanza selama 15 tahun di Indonesia tahun 2004 hingga sekarang tahun 2018, sudah terjual lebih dari 1,7 juta unit (DetikOto, 2018). Pencapaian itulah yang menjadikan low multi purpose vehicle (LMPV) Toyota ini sebagai mobil terlaris di Indonesia. Seiring berjalannya waktu persaingan di segmen LowMPV tahun ini sangat ketat.

Toyota New Avanza tetap hadir dengan varian E dan G dengan mesin 1.300cc bertransmisi otomatis dan manual. Khusus varian G kini juga hadir dengan mesin 1.500cc kapasitas 1.500cc transmisi manual. Warna yang ditawarkan untuk Toyota New Avanza adalah dark blue, bronze, dark red mica metallic, grey metallic, black metallic, silver metallic, dan white. Sementara Toyota New Veloz hanya hadir dengan kapasitas mesin 1.500cc bertransmisi otomatis dan manual. Warnanya terdiri dari *dark red mica metallic, silver mica, black metallic, dan white* Mesin yang digunakan berteknologi Dual VVT-i, pada Toyota New Avanza dan Toyota New Veloz tetap

1NR-VE untuk 1.300cc dan 2NR-VE berkapasitas 1.500cc. Keduanya juga tetap menggunakan penggerak roda belakang. perpaduan ini sudah terbukti tangguh.

## **B. Penelitian yang Relevan**

Hasil pengamatan terhadap kepustakaan menunjukkan adanya penelitian yang relevan, penelitian ini dilakukan beberapa peneliti yang menyerupai mengenai *Turbo Cyclone* dan pemanfaatannya pada mesin motor bakar pernah dilakukan sebagai berikut :

1. Pada penelitian Kosjoko (2008) tentang pengaruh *turbo cyclone* 6 sirip tanpa lubang pada *intake manifold* terhadap unjuk kerja motor bensin 4 Tak 100 cc dengan perbandingan daya efektif *manifold* standar terhadap penggunaan *turbo cyclone* sudut 45°, 55°, dan 65°. Penggunaan *turbo cyclone* menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar pada putaran tinggi yaitu 6250 rpm s/d 9000 rpm dari pada kondisi standar. Torsi (T) rata-rata tertinggi terdapat pada variasi *turbo cyclone* dengan sudut kemiringan 65° yaitu sebesar 3,10 Nm pada putaran mesin 5500 rpm. Daya Efektif (Ne) rata-rata tertinggi terdapat pada variasi *turbo cyclone* dengan sudut kemiringan 65° sebesar 3,03 Hp pada putaran mesin 6750 rpm. Pada (Fc) Fuel Consumption rata-rata terendah diperoleh pada variasi *turbo cyclone* dengan sudut kemiringan 55° sebesar 0,75429 kg/jam pada putaran 4000 rpm.

2. Nely Ana M (2016) tentang analisis prestasi kerja motor 4 tak dengan penggunaan *turbo cyclone*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui prestasi kerja motor bakar bensin yang dianalisis meliputi momen torsi, daya, dan performa pada putaran 4750 rpm - 10000 rpm. Dari hasil pengujian pada intake manifold standar dengan torsi rata-rata 3,750 Nm sedangkan pada *turbo cyclone* sudut 65° meningkat sebesar 0,145 Nm menjadi 3.895 Nm, atau mengalami kenaikan 3,866%. Hal ini menunjukkan dengan adanya *turbo cyclone* dengan sudut 65° memberikan pengaruh (meningkatkan torsi) pada putaran tinggi, diatas 5000 rpm. Daya rata-rata pada manifold tanpa sirip sebesar 3,790 Hp. Pada variasi 65° sebesar 3,953 Hp mengalami kenaikan 4,30% atau naik 0,163 Hp. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *turbo cyclone* dengan sudut 65° memberikan pengaruh positif yaitu kenaikan daya output pada putaran mesin diatas 7000 rpm.
3. Meiraga Rendi dan Muhaji. (2013) telah melakukan penelitian mengenai penggunaan *turbo Cyclone* dengan variasi sudut sudu 30<sup>0</sup>,45<sup>0</sup>,60<sup>0</sup> pada mesin Honda Civic SR4, diperoleh hasil unjuk kerja pada putaran rendah penggunaan *turbo cyclone* sudut sudu 30<sup>0</sup>,45<sup>0</sup>,60<sup>0</sup> menurun. Pada putaran menengah mulai ada peningkatan terhadap daya dan torsi yang dihasilkan setiap variabel *turbo cyclone*. Torsi tertinggi dicapai pada penggunaan *turbo cyclone* dengan sudut 30<sup>0</sup>. Hal itu menunjukkan adanya perbaikan kualitas pembakaran dalam motor bakar karena terjadi peningkatan unjuk kerja mesin.

4. Ilham Zikri (2021) Hasil penelitian yang telah dilakukan pada kendaraan Toyota Avanza 1300 CC. 1) Didapatkan hasil bahwa pemasangan *turbo cyclone* pada kemiringan  $55^\circ$ , menjadi peningkatan paling besar di banding kemiringan yang lain yaitu sebesar 3,3 Kw / 4,422 Hp. 2) Didapatkan hasil bahwa pemasangan *turbo cyclone* pada kemiringan  $65^\circ$ , menjadi peningkatan paling besar di banding kemiringan yang lain yaitu sebesar 7,3 Nm. Terjadinya peningkatan daya dan torsi dikarenakan adanya penambahn *turbo cyclone* yang mempengaruhi aliran yang masuk ke dalam throttle body, sehingga membuat tekanan udara akan semakin meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti yang relevan tentang penggunaan *turbo cyclone* pada umumnya menggunakan spesifikasi penggunaan empat sampai enam *blade* dengan sudut kemiringan  $45^\circ$ ,  $55^\circ$ , dan  $65^\circ$ . Dari penelitian yang dilakukan ketiga penelitian relevan penggunaan *turbo cyclone* hanya satu atau *single*, dan variasi *turbo cyclone* yang diujikan juga berbeda-beda. Perbedaan mendasar dari penelitian ini penggunaan *double turbo cyclone* dengan spesifikasi menggunakan sepuluh *blade* dan memiliki kemiringan  $45^\circ$ , juga pemasangan *turbo cyclone* diposisikan pada sebelum *trottle body* dan sesudah saringan udara yang mengarah pada sudut *linier intake manifold*.

### C. Kerangka Konseptual

Berdasarkan latar belakang masalah dan kerangka teori, maka kerangka konseptual penelitian ini dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan untuk pembuatan *double turbo cyclone* adalah *stainless steel*.
2. *Double turbo cyclone* yang digunakan yaitu *double turbo cyclone hand made* yang jumlah dan jenis sudunya (*blade*) yang memiliki 10 *blade*.
3. Sudut kemiringan sudu yang digunakan yaitu  $45^{\circ}$ .
4. Mobil yang digunakan yaitu Toyota Avanza 2NR-VE 2018 standar tanpa ada perubahan mesin.
5. Pada saat pengujian AC dimatikan.
6. Alat yang digunakan untuk mengetahui unjuk kerja mobil yaitu *chassis dynamometer*.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018, terdapat peningkatan torsi yang dihasilkan kendaraan dengan penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara. Torsi rata-rata yang dihasilkan oleh mesin tanpa penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara yaitu 167,5 Nm di 4010 Rpm, setelah pemasangan *double turbo cyclone* torsi rata-rata yang dihasilkan menjadi 176,4 Nm di 4117 Rpm. Hasil dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemasangan *double turbo cyclone* dapat menghasilkan peningkatan torsi pada sebuah mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 yaitu sebesar 8.9 Nm.
2. Hasil pengolahan *uji t Paired Samples* data torsi pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018, sebelum dan sesudah menggunakan *double turbo cyclone* di dapat hasil adanya perbedaan yang signifikan antara data awal dan akhir, dengan nilai signifikansi  $0,043 < 0,050$ .

3. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018, terdapat peningkatan daya yang dihasilkan kendaraan dengan penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh mesin tanpa penambahan *double turbo cyclone* pada *throttle body* dan saluran saringan udara yaitu 91,8 Kw di 4010 Rpm, setelah pemasangan *double turbo cyclone* daya rata-rata yang dihasilkan menjadi 96,2 Kw di 4117 Rpm. Hasil dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemasangan *double turbo cyclone* dapat menghasilkan peningkatan daya pada sebuah mesin Toyota Avanza 2NR-VE 2018 yaitu sebesar 4,4 Kw.
4. Hasil pengolahan *uji t Paired Samples* data daya pada Toyota Avanza 2NR-VE 2018, sebelum dan sesudah menggunakan *double turbo cyclone* di dapat hasil adanya perbedaan yang signifikan antara data awal dan akhir, dengan nilai signifikansi  $0,003 < 0,050$ .

## B. Saran

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

1. Penelitian ini masih terbatas pada objek penelitian Toyota Avanza 2NR-VE 2018, sehingga dirasa perlu untuk melakukan *treatment* dan penelitian lebih lanjut dan yang sama pada kendaraan lain.
2. Penelitian yang penulis lakukan ini baru menerapkan pemakaian *Double Turbo Cyclone* pada mesin injeksi, suatu saat penelitian ini bisa dilakukan dan diterapkan pada mesin konvensional.
3. Peneliti menyarankan jika penelitian ini dilanjutkan, coba untuk membuat sudut dari *swirling vane* atau *blade* agar lebih aerodinamis lagi sehingga walau terjadi pusaran turbulensi namun tidak menghambat laju dari aliran udara yang masuk ke dalam ruang bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar Wiranto. 2005. *Motor Bakar torak*. ITB. Bandung
- Astu P. Djati N. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Cahya Glenn. D.R. 2013. *Kajian Aliran Fluida pada Mesin Otto Empat Langkah Satu Silinder Berkapasitas 65 cc*. Universitas Indonesia. Diperoleh pada tanggal 25 September 2017 dari lib.ui.ac.id.
- Ihwanudin M., Agus Sholah, Anny Martiningsih. 2013. *Penggunaan Turbo Cyclone pada Kendaraan Bermotor Terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC*. Jurnal Kajian Teknologi dan Kejuruan (Volum 38 No. 2). Hlm. 113 – 120. Didapat pada tanggal 26 September 2017 dari journal.um.ac.id.
- Kosjoko. 2002. *Pengaruh Turbo Cyclone 6 Sirip Tanpa Lubang Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Tak 100 cc*, Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jurnal elevasi vol. IV No. 17.
- Kristanto Phillip. 2015. *Motor Bakar Torak*. Andi Offset. Yogyakarta
- Maksum, Hasan. (2012). *Teknologi Motor Bakar*. Padang : UNP Press
- Meirega Rendy, Muhaji. 2013. *Pengaruh Variasi Sudut Sudu Turbo Cyclone Terhadap Unjuk Kerja Pada Kendaraan Honda Civic SR4*. UNESA. Surabaya. JTM. (Vol. 01 No. 02). Diperoleh pada tanggal 14 September 2017 dari jurnalmahasiswa.unesa.ac.id.
- Mochammad. 2007. *Simulasi efek Turbo Cyclone Terhadap Karakteristik Aliran Udara Saluran Udara Sepeda Motor 4 tak 100 CC Menggunakan Computational Dynamics*. UNDIP Semarang. Didapatkan pada tanggal 14 September 2017 dari <https://ejurnal.undip.ac.id>.
- Mufarida Ana Nely. 2016, *Analisis prestasi kerja motor 4 tak dengan penggunaan turbo cyclone*, Universitas Muhammadiyah Jember,. (Vol. 01, No. 01).
- Novianto Rifky W. 2017. *Studi Eksperimental Octane Booster Menggunakan Generator Hidrogen Dengan Variasi Susunan Sel Generator Pada Motor Yamaha Mio 155CC Berbahan Bakar Pertalite*. Skripsi. Sukoharjo: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jama, Julius dan Wagino. 2008, *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Depdiknas.