

**PENGARUH PENGGUNAAN *TURBO CYCLONE* TERHADAP
KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN
EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA
MOTOR YAMAHA MIO SOUL**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memenuhi Gelar Sarjana Pendidikan
Strata Satu (S1) Universitas Negeri Padang*



**Oleh:
RIDWAN
NIM/BP: 55637/2010**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN *TURBO CYCLONE* TERHADAP
KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN KANDUNGAN EMISI GAS BUANG
PADA SEPEDA MOTOR YAMAHA MIO SOUL**

Oleh
Nama : Ridwan
NIM/BP : 55637/2010
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Juli 2017

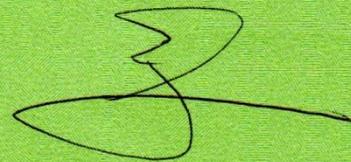
Disetujui Oleh,

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Drs. Andrizal, M.Pd
NIP. 19650725 199203 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan



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

PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
program studi pendidikan teknik otomotif jurusan teknik otomotif
fakultas teknik universitas negeri padang

Judul : Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* Terhadap
Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada
Sepeda Motor Yamaha Mio Soul

Nama : Ridwan

Nim : 55637

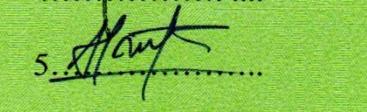
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Jurusan : Teknik Otomotif

Fakultas : Teknik

Padang, Juli 2017

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Martias, M.Pd	
2. Sekretaris	: Drs. Andrizar, M.Pd	
3. Anggota	: Wagino, S.Pd, M.Pd.T	
4. Anggota	: Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng	
5. Anggota	: Dwi Sudarno Putra, ST, MT	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri
Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau
diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata
penulisan karya ilmiah yang lazim

Padang, Juli 2017

Yang menyatakan,



Ridwan
2010/55637

ABSTRAK

Ridwan : Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Kandungan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Yamaha Mio Soul

Penelitian ini dilatar belakangi oleh perkembangan teknologi otomotif yang berkembang pesat. Meningkatnya kebutuhan masyarakat pada kendaraan bermotor mempunyai dampak yang cukup serius, diantaranya pencemaran lingkungan dan semakin menipisnya persediaan bahan bakar minyak. Hal ini membuat banyak orang semakin kreatif dalam berupaya mengembangkan alat untuk menghemat bahan bakar dan menurunkan emisi gas buang. Salah satunya adalah *Turbo Cyclone* berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk kedalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar / *swirling*, sehingga dapat membantu proses pencampuran bahan bakar dan udara menjadi homogen, dan dapat mengurangi kandungan gas berbahaya seperti CO dan HC pada emisi gas buang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan *Turbo Cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen *posstest only control design* bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan dari penggunaan *Turbo Cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan kandungan emisi gas buang. Data hasil penelitian akan diolah dengan menggunakan uji statistik.

Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari penggunaan *Turbo Cyclone*. pada putaran mesin menghasilkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih rendah terutama emisi gas buang CO, Konsumsi bahan bakar pada 1500 rpm turun 7.234% pada putaran 2000 turun 19.692% dan pada 2500 rpm turun 13.81%. Sedangkan Emisi gas buang CO pada putaran 1500 rpm sebesar 59.714% , CO pada 2000 rpm sebesar 3.192% dan pada 2500 rpm sebesar 12.443%. Emisi gas buang HC pada putaran 1500 rpm turun 6.571% HC pada 2000 rpm Mengalami peningkatan sebesar 1.413%, HC pada 2500 rpm 8.257% lebih tinggi.

Kata kunci : *Turbo Cyclone*, Konsumsi Bahan Bakar, dan Emisi Gas Buang

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, Puji dan syukur kita sampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan segenap rahmat, hidayah, kekuatan, serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis telah berhasil menulis skripsi ini dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Kandungan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Yamaha Mio Soul”. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Fahmi Rizal,M.pd,MT selaku Dekan Fakultas Teknik UNP.
2. Bapak Drs.Martias, M.Pd selaku ketua Jurusan Teknik Otomotif, sekaligus selaku Dosen Pembimbing I bagi penulis.
3. Drs.Andrizal, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak/Ibu Dosen beserta teknisi Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Universitas Negeri Padang.
5. Rekan mahasiswa seperjuangan.

Atas Bantuan dan bimbingannya terhadap penulis dalam menyusun proposal ini. Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik untuk penyempurnaan skripsi penelitian ini serta penulis mengharapkan skripsi ini dapat dimanfaatkan bagi pembaca dan masyarakat.

Padang, Juli 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	
SURAT PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	8
C. Pembatasan Masalah	8
D. Perumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian	9
F. Asumsi	9
G. Kegunaan Penelitian.....	9
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	11
1. Konsumsi Bahan Bakar.....	11
2. Emisi Gas Buang.....	14
3. <i>Turbo Cyclone</i>	22
4. Aliran Fluida	25
5. Efisiensi Pemasukan Udara dan Bahan Bakar	27
6. Proses Pembakaran.....	32
7. Hubungan antar variabel penelitian	36
B. Penelitian yang Relevan	38

C. Kerangka Berpikir	40
D. Hipotesis	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	41
B. Definisi Operasional Variabel Penelitian	42
C. Objek Penelitian	44
D. Jenis dan Sumber Data	44
E. Instrumen Penelitian	45
F. Prosedur Penelitian	45
G. Teknik Pengumpulan Data	46
H. Teknik Analisis Data	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DA PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	50
1.Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	50
2.Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO dan HC	51
3.Grafik Hasil Pengujian	52
B. Pembahasan	55
1.Konsumsi Bahan Bakar	56
2.Emisi Gas Buang CO	57
3.Emisi Gas Buang HC	58
C. Keterbatasan Penelitian	58
BAB V PEUTUP	
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia.....	1
2. Perbandingan sistem bahan bakar karburator dengan EFI.....	2
3. Kosumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor	3
4. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Tipe L	5
5. Data Pencemaran Udara di Indonesia Tahun 2012.....	6
6. Ambang Batas Emisi Gas Buang Sepeda Motor	16
7. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia.....	19
8. Spesifikasi dari sepeda motor yang digunakan	44
9. Pengujian waktu untuk menghabiskann volume bahan bakar	47
10. Pengujian kandungan emisi gas buang	47
11. Data Hasil Pengujian Waktu Untuk Menghabiskan Volume Bahan Bakar 5 ml.....	50
12. Nilai konsumsi bahan bakar per jam.....	51
13. Data Hasil Pengujian Kadar Gas CO dan HC Pada Emisi Gas Buang.....	51
14. Analisis Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Dengan Menggunakan Uji t	56
15. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang CO Dengan Menggunakan Uji t	57
16. Analisis Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang HC Dengan Menggunakan Uji t	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik tingkat konsumsi bahan bakar dari tahun 1965-2010.....	4
2. Grafik <i>Engine Speed</i> terhadap <i>bsfc</i>	12
3. Grafik <i>fuel equivalence ratio</i> terhadap <i>bsfc</i>	13
4. Grafik <i>bsfc</i> terhadap <i>power</i> , <i>torsi</i> dan <i>engine speed</i>	13
5. Grafik konsentrasi CO yang diakibatkan oleh perbandingan udara dan bahan bakar.....	18
6. Hubungan antara campuran udara-bahan bakar terhadap konsentrasi HC	20
7. Perubahan aliran udara memakai alat <i>Turbo Cyclone</i>	23
8. <i>Turbo Cyclone</i>	24
9. Instalasi alat <i>Turbo Cyclone</i> pada engine	25
10. Aliran laminar	26
11. Aliran <i>turbulen</i>	26
12. Pola aliran <i>laminar</i> dan <i>turbulen</i>	27
13. Aliran <i>Turbulen</i> yang dihasilkan dalam silinder.....	27
14. Hubungan <i>A/F Ratio</i> dengan emisi gas buang	30
15. Pembakaran Sempurna.....	33
16. Pembakaran dengan Detonasi	36
17. Kerangka Berpikir.....	40
18. Grafik Konsumsi Bahan Bakar	52
19. Grafik kadar gas karbon monoksida (CO)	53
20. Grafik kadar gas hidrokarbon (HC)	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian	65
2. Surat Bukti Penelitian	66
3. Langkah-langkah Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar	67
4. Langkah-langkah Pengukuran Emisi Gas Buang	69
5. Hasil Pengukuran Kadar Emisi Gas Buang Tanpa Menggunakan <i>Turbo Cyclone</i>	71
6. Hasil Pengukuran Kadar Emisi Gas Buang Menggunakan <i>Turbo Cyclone</i>	72
7. Perhitungan Pemakaian Bahan Bakar Perjam.....	73
8. Perhitungan Standar Deviasi Konsumsi Bahan Bakar.....	77
9. Perhitungan Standar Deviasi Kadar Gas CO dan HC Pada Emisi Gas Buang.....	82
10. Perhitungan Uji <i>t</i> Konsumsi Bahan Bakar	90
11. Perhitungan Uji <i>t</i> Kadar Gas CO dan HC Pada Emisi Gas Buang	95
12. T tabel lipson.....	105
13. Dokumentasi penelitian	106

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi dibidang otomotif yang semakin pesat, membawa dampak yang signifikan terhadap sektor transportasi, khususnya kendaraan bermotor sebagai salah satu transportasi darat. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun-ketahun cenderung meningkat. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2009-2013 dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia

Tahun	2009	2010	2011	2012	2013
Mobil (Unit)	7.910.407	8.891.041	9.548.866	10.432.259	11.475.484
Truk (Unit)	4.452.343	4.687.789	4.958.738	5.286.061	5.814.667
Bus (Unit)	2.160.973	2.250.109	2.254.406	2.273.821	2.501.203
Spd. Motor (Unit)	52.767.093	61.078.188	68.839.341	76.381.183	84.019.301

Sumber: Badan Pusat Statistik

Semua jenis kendaraan bermotor yang ada di Indonesia mengalami peningkatan jumlah dari tahun ke tahun. Akan tetapi kendaraan bermotor jenis sepeda motor mengalami peningkatan yang paling tinggi tiap tahunnya. Hal ini dikarenakan sepeda motor merupakan alat transportasi yang mudah untuk digunakan. Selain itu, sepeda motor juga merupakan salah satu kendaraan yang terjangkau harganya bagi kalangan masyarakat yang perekonomiannya menengah ke bawah.

Sejauh pengamatan penulis dilapangan, kebanyakan sepeda motor yang dipakai oleh masyarakat di Indonesia masih menggunakan sistem bahan

bakar tipe konvensional (karburator). Kelemahan dari sistem bahan bakar ini yaitu campuran udara dan bahan bakar yang kurang sempurna, mengakibatkan pembakaran tidak sempurna, sehingga kecenderungan dari pemakaian sistem bahan bakar ini mengakibatkan konsumsi bahan bakar boros dan emisi gas buang yang dihasilkan lebih tinggi, dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar elektronik (*electronic fuel injection*). Untuk lebih jelasnya perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan sistem bahan bakar karburator dengan EFI

<i>Description</i>	<i>Carburettor-mounted SI engine</i>	<i>Injector-mounted SI engine</i>
<i>Application</i>	<i>Small engines</i>	<i>Larger engines having multi-cylinder</i>
<i>Precision in manufacturing</i>	<i>To high degree</i>	<i>To a much higher degree</i>
<i>Power output</i>	<i>Usual</i>	<i>Produces 10 to 20% more power</i>
<i>Necessity of choke</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Fuel distribution</i>	<i>Good</i>	<i>Very good</i>
<i>Detonation</i>	<i>Possible</i>	<i>Reduced</i>
<i>Compression ratio</i>	<i>High</i>	<i>Much higher</i>
<i>Fuel consumption</i>	<i>Usual</i>	<i>Comparatively less</i>
<i>Engine response to throttle</i>	<i>Quick</i>	<i>Very fast</i>
<i>Time lag between throttle movement and fuel injection</i>	<i>Short</i>	<i>Much shorter</i>
<i>Maintenance</i>	<i>Less</i>	<i>More</i>
<i>Cost</i>	<i>Less</i>	<i>High</i>
<i>Exhaust emission</i>	<i>More</i>	<i>Less</i>

Sumber: Gupta (2006: 294)

Salah satu merk dari sepeda motor yang banyak diminati oleh masyarakat di Indonesia yaitu sepeda motor Yamaha mio. Kelemahan dari sepeda motor ini yaitu masih menggunakan sistem bahan bakar konvensional. Seperti yang telah dijelaskan di atas bahwa sepeda motor dengan sistem

konvensional konsumsi bahan bakarnya cenderung boros dan juga emisi gas buang yang dihasilkan cenderung tinggi.

Tabel 3. Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor

Item	Pabrikan	Kapasitas Mesin	km/ltr	Berat motor
Beat	Astra-Honda	110 cc	50.0	136 kg
Scopy	Astra-Honda	110 cc	45.3	125 kg
Vario	Astra-Honda	110 cc	45.0	137 kg
New Mio	Yamaha	115 cc	44.4	127 kg
Mio Soul	Yamaha	115 cc	28.0	145 kg
Sykywive	Suzuki	125 cc	38.0	138 kg
Xeon	Yamaha	125 cc	40.0	141 kg

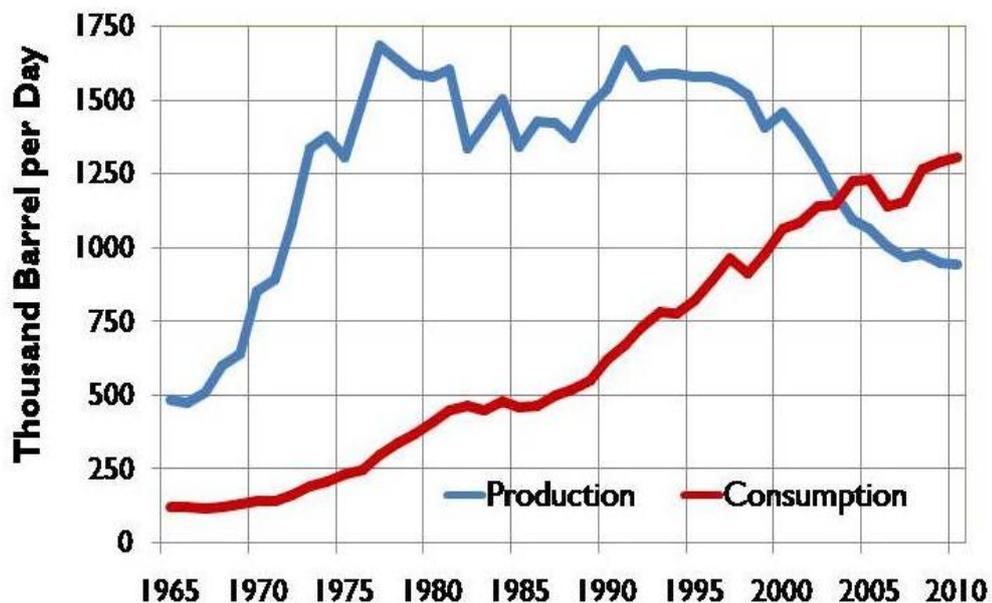
Sumber: ridertua.wordpress.com/2011/07/28/kamus-otomotifseputar-roda-dua.

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa sepeda motor Yamaha mio soul memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan sepeda motor sekelasnya. Oleh sebab itu, diperlukan suatu perlakuan pada sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar konvensional (karburator) sehingga dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh *engine*.

Sistem bahan bakar tipe konvensional (karburator) juga memiliki kelemahan dalam pemasukan udara untuk bercampur dengan bahan bakar minyak. Aliran udara yang dihisap pada karburator konvensional ini berbentuk aliran laminar (lurus). Kelemahan aliran laminar ini adalah sulitnya udara dan bahan bakar untuk bercampur secara homogen yang mana nantinya akan mempersulit atau menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Berbeda jika pemasukan udara berbentuk aliran turbulen, dengan aliran turbulen (berpusar) homogenisasi bahan bakar akan dipermudah dan akan mendapatkan hasil pembakaran yang diinginkan. Untuk itu diperlukanlah sebuah sistem

atau alat untuk membuat pemasukan udara pada karburator konvensional ini mengalir secara turbulen.

Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor mempengaruhi kebutuhan bahan bakar minyak (BBM). Dengan produksi bahan bakar minyak yang menurun namun berbanding terbalik dengan tingkat penggunaan atau kebutuhan bahan bakar itu sendiri. Kementerian Energi Sumber Daya Alam memprediksikan bahwa produksi bahan bakar minyak bumi di Indonesia akan terus mengalami penurunan setiap tahunnya. Sedangkan konsumsi bahan bakar minyak bumi akan terus meningkat seiring banyaknya jumlah penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak sampai tahun 2010.



Gambar 1. Grafik tingkat konsumsi bahan bakar dari tahun 1965-2010
 Sumber: BP Statistik Review of World Energy (2011)

Penggunaan BBM pada sepeda motor tidak dapat dipungkiri bahwa akan menimbulkan polusi udara. Polusi udara yang dihasilkan tersebut akan mempengaruhi kesehatan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor

41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 pasal 1 ayat 14 “Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”

Pemerintah telah mewajibkan produsen kendaraan bermotor menggunakan standar Euro 3 untuk kendaraan roda dua yang berlaku mulai 1 Agustus 2013, perbaikan dari segi teknologi tersebut diharapkan dapat berkontribusi terhadap penurunan polusi udara yang disebabkan emisi gas buang kendaraan.

Tabel 4. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Tipe L

No	Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter	
			CO (%)	HC (ppm)
1	Sepeda Motor 2 Langkah	<2010	4.5	12000
2	Sepeda Motor 4 Langkah	<2010	5.5	2400
3	Sepeda Motor (2 Langkah dan 4 Langkah)	≥2010	4.5	2000

Sumber: Permen LH No.5 tahun 2006

Emisi gas buang atau polusi yang dihasilkan dari proses pembakaran pada sepeda motor memberikan kontribusi gas beracun dan berbahaya seperti Karbonmonoksida (CO), Hidrokarbon (HC), Karbondioksida (CO₂), Sulfur Dioksida (SO₂) dan jenis polutan lainnya. Komponen pencemar udara tersebut

bisa mencemari udara secara sendiri-sendiri dan dapat pula mencemar secara bersama-sama, jumlah komponen pencemar udara tergantung pada sumbernya. Hal ini dapat dilihat dari data pencemar udara di Indonesia yang diperoleh dari hasil pengukuran pada tahun 2012.

Tabel 5. Data Pencemaran Udara di Indonesia Tahun 2012

Sumber Pencemaran	Jumlah Komponen Pencemar (Juta ton/tahun)					
	CO	NO _x	Sox	HC	Partikulat	Total
Transportasi	63.8	8.1	0.8	16.6	1.2	90.5
Industri	9.7	0.2	7.3	4.6	7.5	29.3
Pembuangan sampah	7.8	0.6	0.1	1.6	1.1	11.2
Pembakaran stasioner	1.9	10.0	24.4	0.7	8.9	45.9
Lain-lain	16.9	1.7	0.6	8.5	9.6	37.3

Sumber: Menteri Negara Lingkungan Hidup

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa sektor transportasi merupakan penyumbang terbesar dari jumlah komponen pencemar yang ada di udara. Terkait tentang polusi udara, Srikanthi (1992: 93) menyatakan, “Sumber polusi yang utama berasal dari sektor transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari Karbon Monoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari Hidrokarbon (HC)”. Polusi dari kendaraan bermotor ini dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan (Kuswara, 2006). Selain itu polusi udara akibat peningkatan jumlah kendaraan bermotor juga sangat mendukung terjadinya pemanasan global (Arifin, 2009). Sehingga disadari atau tidak, telah menjadi penyebab utama perubahan iklim dunia.

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dibidang otomotif. Telah banyak cara dan alat yang diciptakan untuk

mengatasi mulai dari alat yang berfungsi sebagai penghemat bahan bakar, pengurangan emisi gas buang, peningkatan kinerja mesin, pembakaran sempurna dan lainnya. Alat yang diciptakan tersebut salah satunya adalah turbo cyclone alat ini berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar/swirling.

Zhang dan Hill dalam Didiek (2003:16). Untuk mendapatkan campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen yaitu membuat pusaran udara yang masuk ke dalam karburator sehingga bahan bakar memiliki kesempatan yang lebih besar untuk bersentuhan dengan udara yang mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara lebih merata. Selain itu aliran berpusar dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar akan mempercepat proses transfer panas dan pencampuran antara campuran yang terbakar dan yang belum terbakar sehingga aliran berpusar campuran bahan bakar dan udara akan meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga konsumsi bahan bakar lebih efisien.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk melihat pengaruh penggunaan turbo cyclone terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Yamaha mio dengan merubah aliran udara yang akan masuk ke dalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar/swirling. Dalam penelitian ini penulis menggunakan sepeda motor merek Yamaha mio soul dikarenakan konsumsi bahan bakar boros dan emisi gas buang tinggi.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Aliran pemasukan udara pada karburator konvensional tidak turbulen yang mana akibatnya bahan bakar dan udara sulit untuk homogen.
2. Kurangnya *homogenitas* campuran bahan bakar dan udara akan mempengaruhi proses pembakaran
3. Kurangnya kecepatan aliran campuran bahan bakar dan udara saat pemasukan akan mempengaruhi proses pembakaran
4. Upaya menurunkan emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar salah satunya alat yaitu *turbo cyclone*.
5. Kendaraan sepeda motor dengan sistem bahan bakar konvensional cenderung konsumsi bahan bakarnya boros dan emisi gas buangnya tinggi.

C. Pembatasan Masalah

Agar peneliti lebih fokus dan terarah, maka permasalahan yang akan diteliti dibatasi hanya pada “Pengaruh penggunaan *turbo cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor Yamaha mio soul”.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimanakah pengaruh *turbo cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan kandungan emisi gas buang CO dan HC?”

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *turbo cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor Yamaha mio soul.

F. Asumsi Penelitian

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

1. Mesin yang digunakan sebagai objek penelitian berada pada kondisi normal dan sama baiknya pada setiap perlakuan penelitian.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah jenis bahan bakar premium yang sama kualitasnya untuk setiap perlakuan penelitian.
3. Kondisi temperatur kerja mesin saat diuji sudah mencapai kondisi temperature kerja mesin yaitu 85°C.
4. Alat ukur yang digunakan sudah dikalibrasi sebelum digunakan pada setiap perlakuan penelitian.

G. Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai referensi penelitian lebih lanjut dalam pengaruh penggunaan *Turbo Cyclone* pada sepeda motor Yamaha mio soul.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat pengguna sepeda motor tentang pengaruh penggunaan *Turbo Cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan

emisi gas buang pada sepeda motor, sebagai pandangan dasar bagi mereka saat menggunakan *Turbo Cyclone* pada sepeda motor.

3. Bagi peneliti, salah satu persyaratan mendapatkan gelar S1 pada program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Konsumsi Bahan Bakar

a. Pengertian Konsumsi Bahan bakar

Daryanto (2004:36) menyatakan bahwa “Pemakaian bahan bakar merupakan banyaknya bahan bakar yang dihabiskan untuk melakukan suatu perjalanan dengan jarak tertentu dengan waktu perjalanan tertentu pula dengan kondisi jalan yang sama”. Disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar merupakan besarnya pemakaian bahan bakar saat melakukan suatu perjalanan dengan jarak tempuh tertentu dan waktu tertentu pula.

Berdasarkan dari kutipan di atas dapat disimpulkan konsumsi bahan bakar adalah seberapa besar bahan bakar (liter) yang digunakan untuk menempuh jarak tertentu (km) dalam waktu tertentu (jam) untuk menghasilkan tenaga dan dipengaruhi oleh kondisi jalan atau tempat pengujian.

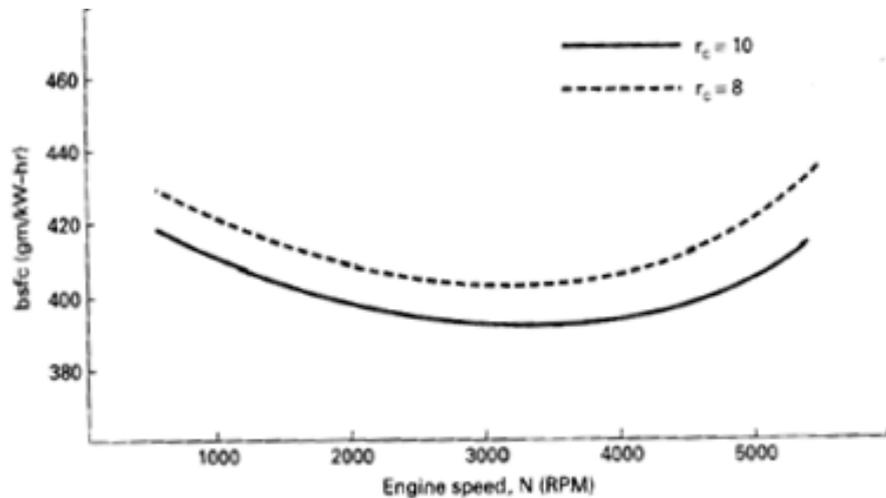
b. Faktor Yang Mempengaruhi Konsumsi Bahan Bakar

Menurut Pulkrabek (2004: 57-58) menjelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah:

1) *Engine Speed*

Konsumsi bahan bakar cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan engine kira-kira berada pada putaran 3000

Rpm. Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan engine untuk setiap siklus kerja semakin singkat, sehingga kerugian panas yang ditimbulkan juga sedikit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.

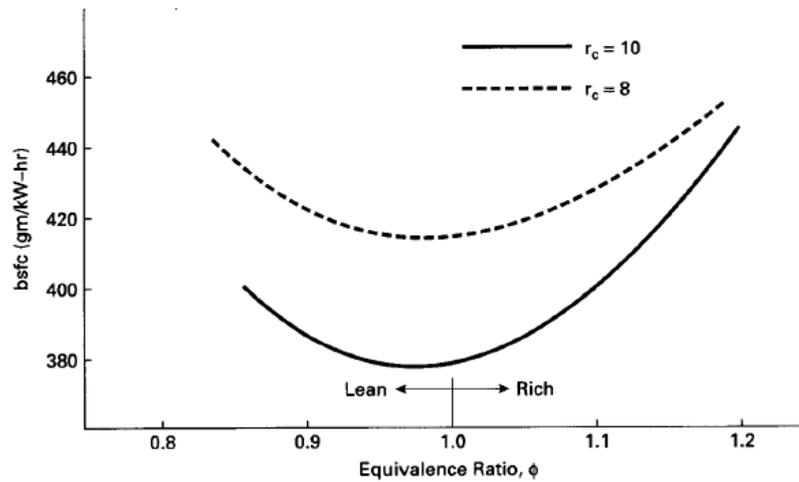


Gambar 2. Grafik *Engine Speed* terhadap bsfc (Pulkrabek 2004: 57)

2) *Compression ratio* dan *fuel equivalence ratio*

Semakin tinggi perbandingan kompresi (*Compression ratio*) maka semakin sedikit konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan pada perbandingan kompresi yang tinggi diperoleh efisiensi termal (*thermal efisiensi*) yang tinggi.

Sedangkan pada perbandingan equivalen bahan bakar (*fuel equivalence ratio*), konsumsi bahan bakar cenderung menurun pada campuran ideal ($\lambda=1$) dan cenderung meningkat pada campuran kaya ($\lambda<1$) atau miskin ($\lambda>1$). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.

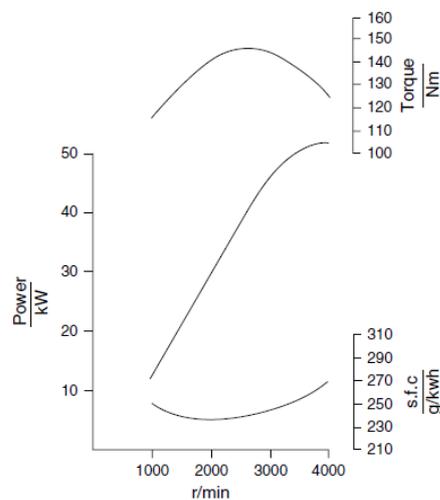


Gambar 3. Grafik *fuel equivalence ratio* terhadap *bsfc* (Pulkrabek 2004: 58)

Sedangkan Menurut Bonnick (2008: 167) menjelaskan bahwa konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu

- 1) *Brake power* (power yang dihasilkan)
- 2) *Torque* (Torsi)
- 3) *Engine speed* (RPM)

Kaitan antara ketiga faktor di atas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. Grafik *bsfc* terhadap *power*, *torsi* dan *engine speed* (Bonnick 2008: 167)

Berdasarkan kutipan di atas maka dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar yaitu:

- 1) *Engine speed*
- 2) Perbandingan kompresi (*compression ratio*)
- 3) Rasio perbandingan udara dan bahan bakar (AFR)
- 4) *Power* dan *Torsi*.

c. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Karakteristik unjuk kerja suatu motor bakar dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya adalah konsumsi bahan bakar.

Konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BFC = \frac{V_f}{t} \times \frac{3600}{1000} \text{ (Ahmad Fauzien, 2008: 11)}$$

Keterangan:

- BFC = Konsumsi bahan bakar (L/jam)
 V_f = Volume bahan bakar (mL)
 t = waktu pengukuran bahan bakar (detik)

2. Emisi Gas Buang

Allan Bonnick (2008:188) menyatakan bahwa “Emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran, dalam keadaan ideal, hasil dari knalpot adalah Karbon Dioksida, uap air dan Nitrogen, namun berkat dari berbagai kondisi mesin gas buang mengandung gas bahan lain”. Wardan (1989:345) menyatakan bahwa “Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Gas buang kendaraan yang dimaksudkan disini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan”.

Mitsubishi Emission Control System (2) “Gas buang adalah sebutan umum untuk gas buang yang keluar dari saluran pembuangan kendaraan, sebagai akibat dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar”.

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa emisi gas buang adalah hasil dari proses pembakaran berupa polutan mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan. Emisi gas buang ini akibat dari pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar yang tidak terbakar sempurna.

Faiz, dkk (1996:84) menyatakan bahwa : Sumber emisi gas buang utama dari bensin adalah hidrokarbon, karbon monoksida, nitrogen oksida. Karbon monoksida dan nitrogen oksida hanya dipancarkan dalam knalpot kendaraan, sedangkan hidrokarbon, zat arang terjadi pada knalpot kendaraan, crankcase mesin, sistem bahan bakar dan pengeluaran. Emisi partikulat dari mesin bensin disebabkan oleh kondensasi uap minyak dari knalpot.

Berdasarkan kutipan di atas dapat disimpulkan bahwa sumber utama dari emisi gas buang dari kendaraan adalah pembakaran yang non-stokiometric, disosiasi nitrogen, kotoran dalam bahan bakar dan udara yang dihasilkan dari knalpot kendaraan, sedangkan hidrokarbon zat arang terjadi di knalpot, *Crankcase* mesin, sistem bahan bakar dan pengeluaran. Emisi partikulat atau partikel kecil pada mesin bensin disebabkan oleh uap

minyak di knalpot. Emisi Gas buang yang umum dihasilkan yakni CO dan HC

Menurut Peraturan Pemerintah RI nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 pasal 1 ayat 14 “Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”

Pemerintah telah mewajibkan produsen kendaraan bermotor menggunakan standar EURO 3 untuk kendaraan roda dua yang berlaku mulai 1 Agustus 2013, perbaikan dari segi teknologi tersebut diharapkan dapat berkontribusi terhadap penurunan polusi udara yang disebabkan emisi gas buang kendaraan.

Tabel 6. Ambang Batas Emisi Gas Buang Sepeda Motor

Kategori Sepeda Motor	Tahun Pembuatan	Ambang Batas Emisi Gas Buang	
		CO%	HC (ppm)
2	<2010	4.5	12000
4	>2010	5.5	2400
2 dan 4	<2010	4.5	2000

Sumber: <http://kementrian-negara.lingkungan-hidup>

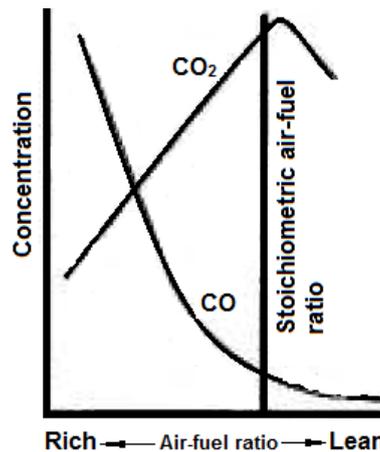
Tetapi dari hasil pengujian *Kementrian Negara Lingkungan Hidup* pada tahun 2013 menunjukkan, jika dibandingkan dengan baku mutu gas buang kendaraan bermotor tipe baru yang diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru menunjukkan masih terdapat emisi gas CO berda diatas baku mutu emisi gas buang yang ditetapkan (<http://www.menlh.go.id>).

a. Emisi Gas buang yang diteliti CO dan HC.

1) CO (*Carbon Monoxida*)

Marthur dan Sharma (1980:620) menyatakan “Karbon monoksida merupakan hasil dari pembakaran yang tidak lengkap karena jumlah udara yang tidak cukup pada campuran bahan bakar dan udara atau tidak cukupnya waktu pada siklus untuk menyelesaikan pembakaran”. Selanjutnya Beni (2007: 695) mengemukakan bahwa:

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, mengakibatkan pusing, mual, gangguan napas, bahkan dapat mengakibatkan kematian.



Gambar 5. Grafik konsentrasi CO yang diakibatkan oleh perbandingan udara dan bahan bakar.
(Beni, 2007: 696)

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa emisi karbon monoksida disebabkan oleh pembakaran campuran kaya, dimana rasio udara dan bahan bakar (λ) kurang dari 1,0. Dalam campuran tersebut, oksigen tidak cukup untuk mengubah semua karbon menjadi karbon dioksida. Sejumlah kecil karbon monoksida juga dipancarkan dalam kondisi kurus karena efek kinetik kimia. Menurut Faiz dkk (1996: 82) “Emisi karbon monoksida dikendalikan dalam mesin dengan menyesuaikan rasio udara-bahan bakar yang masuk ke dalam silinder”.

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

Tabel 7. Pengaruh gas CO pada Hemoglobin (HB) di dalam darah terhadap kesehatan manusia

Konsentrasi CO pada HB dalam darah (%)	Pengaruhnya terhadap kesehatan
< 1.0	Tidak ada pengaruh
1.0 – 2.0	Penampilan/sikap tidak normal
2.0 – 5.0	Pengaruhnya terhadap sistem syaraf sentral, penglihatan kabur
≥ 5.0	Perubahan fungsi jantung dan pulmonari
10.0 – 80.0	Kepala pening, mual, berkunang-kunang

Sumber: Srikandi (1992: 100)

Soedomo (2001:8) menyatakan “Keracunan gas CO timbul sebagai akibat terbentuknya Karbon Monoksida Hemoglobin (COHb) dalam darah. Aktifitas CO yang lebih besar dibandingkan oksigen (O_2) terhadap Hb menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh terganggu”. Berkurangnya penyediaan oksigen keseluruhan tubuh ini akan membuat sesak nafas dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak mendapat udara segar kembali.

2) HC (Hidrokarbon)

Wisnu Wardhana (2004:51) menyatakan “Hidrokarbon (HC) adalah pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan atau padatan”. Menurut Srikandi (1992:113) menyatakan bahwa “Hidrokarbon merupakan polutan udara primer karena dilepaskan ke udara secara langsung”. Selanjutnya Srikandi (1992:115) menyatakan, “Hidrokarbon yang diproduksi oleh manusia yang terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari

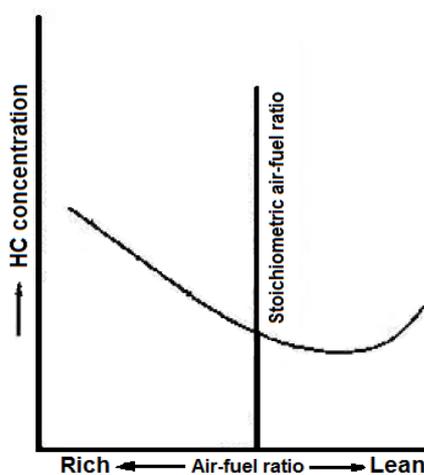
pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah, kebakaran hutan dan ladang serta lainnya”.

Wisnu Wardhana (2004:54) menyatakan, ”Hidrokarbon terbentuk dari campuran bahan bakar yang tidak tercampur rata pada saat pembakaran, sehingga tidak bereaksi dengan oksigen, maka hidrokarbon ini akan ikut keluar dengan gas buangan hasil pembakaran dan menjadi bahan pencemar udara”.

Bagus dan M Subri (2005: 90) menjelaskan bahwa bahan bakar yang terbakar dan keluar menjadi minyak mentah dinyatakan dalam HC atau normal heksana (C_6H_{14}). Persamaannya yaitu:



Unsur C dari persamaan di atas adalah sisa pembakaran yang ada pada dinding ruang bakar berupa arang. Emisi HC banyak bersumber dari ruang pembakaran atau silinder yaitu pergerakan piston saat melakukan 4 langkah kerja mesin.



Gambar 6. Hubungan antara campuran udara-bahan bakar terhadap konsentrasi HC.
(Beni, 2007: 695)

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa emisi hidrokarbon disebabkan oleh campuran kaya. Hidrokarbon tidak terbakar dipancarkan dari silinder terus bereaksi di dalam knalpot hanya jika suhu di atas 600°C dan tersedia oksigen. Jadi emisi hidrokarbon dari knalpot mungkin secara signifikan lebih rendah daripada hidrokarbon yang tertinggal di dalam silinder. Efek ini penting pada kondisi stoikiometri atau mendekati stoikiometrik karena semakin tinggi suhu gas buang yang dialami.

Dampak pencemaran Hidrokarbon (HC) terhadap kesehatan ini dinyatakan oleh Wisnu Wardhana (2004:125) bahwa:

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

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa Hidrokarbon (HC) adalah polutan udara yang berupa gas, cairan atau padatan karena dilepaskan ke udara secara langsung. Hidrokarbon yang diproduksi oleh manusia yang terbanyak berasal dari transportasi, sedangkan sumber lainnya misalnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri,

pembuangan sampah, kebakaran hutan dan ladang serta lainnya. HC dalam jumlah sedikit tidak begitu membahayakan kesehatan manusia, walaupun HC juga bersifat toksik. Sifat toksin HC akan lebih tinggi kalau berupa bahan pencemar gas, cairan dan padatan. Hal ini karena padatan HC (partikel) dan HC (cairan) akan membentuk ikatan-ikatan baru dengan bahan pencemar lainnya. Ikatan baru ini disebut sebagai *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* yang disingkat PAH. Pada umumnya PAH merasak terbetuknya sel-sel kanker apabila terhisap masuk ke paru-paru.

3. Turbo Cyclone

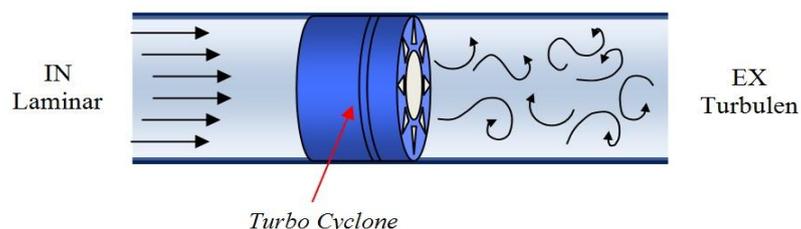
a. Definisi

Ping Wang dalam jurnal Suliyono (2013:1) "*Turbo Cyclone* adalah alat tambahan yang digunakan pada *Internal Combustion Engine* yang berfungsi untuk membuat aliran udara yang akan masuk ke dalam karburator dan silinder ruang bakar menjadi berputar (*Swirling*)". *Turbo Cyclone* ini mirip *Swirl Fan* yang di tempatkan pada saluran udara masuk atau pada *Intake Manifold*. Berputarnya aliran udara akan memperbaiki tingkat 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 propagasi api sehingga pembakaran yang

sempurna dapat dicapai. sedangkan muchammad (2007:6) dalam jurnalnya, dijelaskan:

Berdasarkan perhitungan dan pengukuran yang dilakukan oleh *Korea National Industry Research Institute* (1988), ketika perangkat ini (*Turbo Cyclone* dan sejenisnya) dipasang pada saluran udara, tingkat CO dapat diturunkan 17% - 20% pada saat kecepatan mesin idle, daya mesin meningkat 8% - 11%, penghematan bahan bakar 4% - 6% dan kadar NOx berkurang hingga 8% serta *Knocking* mesin berkurang hingga 5%. Pemasangan alat ini menyebabkan adanya perubahan karakteristik aliran udara. Antara lain yaitu timbulnya *Pressure Drop* dan turbulensi.

Mulyono (2007:1) dalam jurnalnya diperoleh kesimpulan bahwa “Jika pada campuran bahan bakar di dalam silinder diberikan gerakan berpusar, maka setelah dibakar akan mempunyai bentuk api yang berbentuk (spiral), hal ini mengarah pada efisiensi kerja mesin yang lebih tinggi”. Selain itu dalam penelitiannya juga menemukan bahwa “Dengan adanya gerakan memutar pada campuran bahan bakar dengan udara di dalam silinder, kecepatan reaksi pembakaran akan meningkat karena adanya gerakan memutar, ini menimbulkan turbulensi pada campuran tersebut”.



Gambar 7. Perubahan aliran udara memakai alat *Turbo Cyclone*

Gerakan aliran yang berpusar di dalam silinder dilakukan untuk mengurangi suatu campuran bahan bakar dan udara terbakar sendiri.

Arends dan Berenschot (1980: 65) menyatakan :

“Pusaran di dalam silinder menghasilkan pencampuran sempurna dari bahan bakar dan udara itu sendiri. Sehingga pembakarannya terjadi sangat teratur. Pusaran dari gas (turbulensi) dapat dicapai dengan cara memberi bentuk saluran khusus sedemikian rupa sehingga campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dengan melalui katupnya secara pusaran”.

Mawardi Silaban (2012:17) dalam jurnalnya “Penyempurnaan proses pembakaran dapat dilakukan dengan cara memberikan udara lebih pada saat proses pembakaran dan dengan cara menyempurnakan proses percampuran bahan bakar dengan udara melalui turbulensi yang baik”. Dengan demikian akan diperoleh hasil pembakaran yang optimal dan sebagai konsekuensinya akan diperoleh panas pembakaran yang lebih besar dibandingkan dengan proses pembakaran normal. Hal ini dapat menghemat penggunaan bahan bakar dan berujung pada ramahnya emisi gas buang.

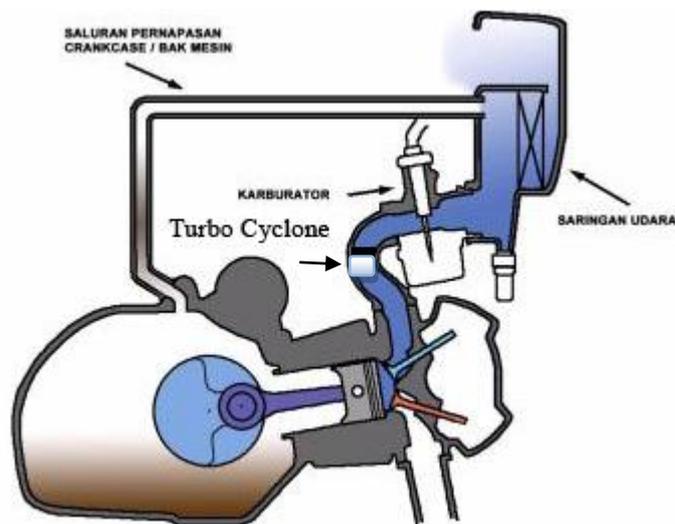
b. Konstruksi Turbo Cyclone

Turbo Cyclone terbuat dari *Stainless Steel* dan memiliki venturi aliran udara. *Turbo Cyclone* memiliki diameter 25 mm dan panjang 30 mm.



Gambar 8. *Turbo Cyclone*

Penempatan alat *Turbo Cyclone* pada sepeda motor 4 langkah dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Instalasi alat *Turbo Cyclone* pada engine

4. Aliran Fluida

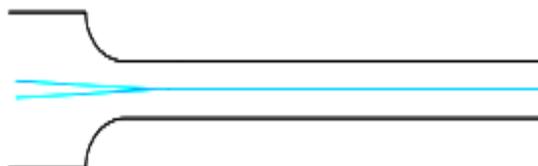
a. Macam-macam Aliran

Aliran dapat diklasifikasikan (digolongkan) dalam banyak jenis seperti: *Turbulen*, *laminar*, nyata, ideal, mampu balik, tak mampu balik, seragam, tak seragam, rotasional, dan tak rotasional. Dalam teknik aliran udara dapat bergerak dengan dua cara yang sama sekali berbeda:

1) Aliran lurus atau laminar

Aliran lurus atau laminar yaitu aliran fluida mulus. Lapisan-lapisan yang bersebelahan meluncur satu sama lain dengan mulus. Pada aliran ini partikel fluida mengikuti lintasan yang mulus dan lintasan tidak saling bersilangan. Aliran laminar sering dijumpai

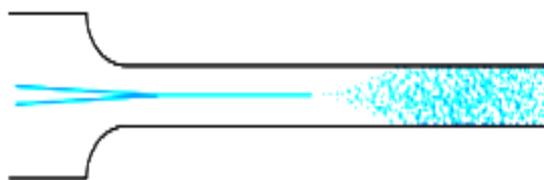
pada air yang dialirkan melalui pipa atau selang. Aliran ini mempunyai Bilangan *Reynold* lebih kecil dari 2300.



Gambar 10. Aliran laminar

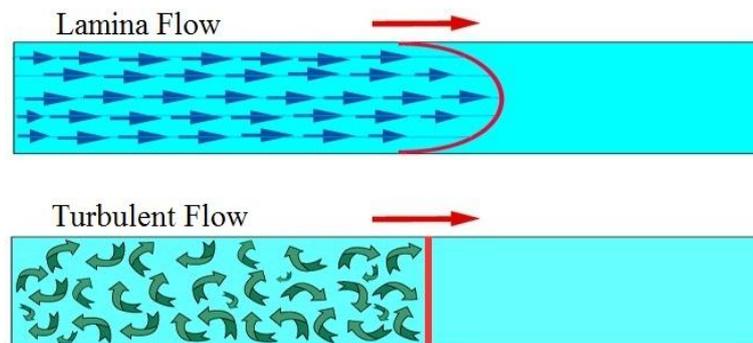
2) Aliran *turbulen*

Aliran *turbulen* (aliran berpusar) adalah aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain. Karakteristik aliran turbulen ditunjukkan oleh terbentuknya pusaran-pusaran dalam aliran, yang menghasilkan percampuran terus menerus antara partikel-partikel cairan di seluruh penampang aliran. Dalam keadaan aliran *turbulen* maka turbulensi yang akan terjadi.



Gambar 11. Aliran *turbulen*

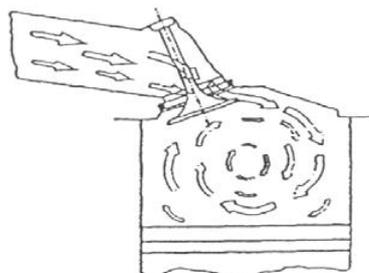
Berikut adalah gambar perbedaan antara aliran *turbulen* dengan laminar :



Gambar 12. Pola aliran *laminar* dan *turbulen*.
 Sumber: Sunyoto, dkk, 2008:54

5. Efisiensi Pemasukan Udara dan Bahan Bakar

Wahyu (2012:26) “Jika menginginkan peningkatan pemasukan muatan baru mencapai 100% atau lebih, apabila tekanan masuk ke dalam silinder dibuat lebih tinggi dari 1 atmosfer dibantu dengan suatu alat yaitu blower, *Turbo Cyclone*, kompresor, *Supercharger* atau *Turbocharger*”



Gambar 13. Aliran *Turbulen* yang dihasilkan dalam silinder

Menurut Bureau (2006:12) syarat kondisi agar terjadi penyalaan (pembakaran yang baik) dikenal dengan *rule of thumb* “3 T”, yaitu:

- Temperature*. Temperatur yang digunakan harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia dan/atau pirolisis.
- Turbulence* (Turbulensi). Turbulensi harus cukup tinggi sehingga terjadi pencampuran yang baik antara bahan bakar dengan pengoksidasi dan panas dapat ditransfer dari media yang telah bereaksi ke media yang belum bereaksi.
- Time* (Waktu). Waktu harus cukup agar *input* panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

Disimpulkan bahwa jika menginginkan aliran yang baik membutuhkan aliran turbulensi, maka *Turbo Cyclone* aliran udara yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 10.

a. Perbandingan Udara dan Bahan Bakar

Dikutip dari Beni (2007: 697) mengemukakan bahwa:

Pembakaran di dalam silinder merupakan reaksi kimia antara unsur yang terkandung di dalam campuran bahan bakar dan udara, yaitu *hydrocarbon* dengan oksigen yang diikuti dengan timbulnya tekanan dan panas. Proses pembakaran di dalam silinder dipengaruhi banyak faktor, diantaranya tekanan kompresi, sistem pengapian, konstruksi ruang bakar, mekanisme katup, dan perbandingan campuran bahan bakar dan udara

Menurut Pulkrabeck (2004: 62) mengemukakan bahwa “*Air-fuel ratio (AF) and fuel-air ratio (FA) are parameters used to describe the mixture ratio*”. Perbandingan udara dan bahan bakar merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan perbandingan campuran. Selanjutnya Gupta (2013: 33) menyatakan bahwa “*Air/fuel ratio (A/F) is the ratio of air mass flow rate \dot{m}_a to the fuel mass flow rate \dot{m}_f* ”. Perbandingan udara dan bahan bakar adalah perbandingan dari laju aliran massa udara \dot{m}_a dengan laju aliran massa bahan bakar \dot{m}_f .

Berdasarkan pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa perbandingan udara dan bahan bakar adalah perbandingan jumlah udara terhadap bahan bakar dalam berat. Secara tepat perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang ideal untuk proses pembakaran pada motor bakar adalah 1 : 14,7. Perbandingan campuran tersebut tidak bisa

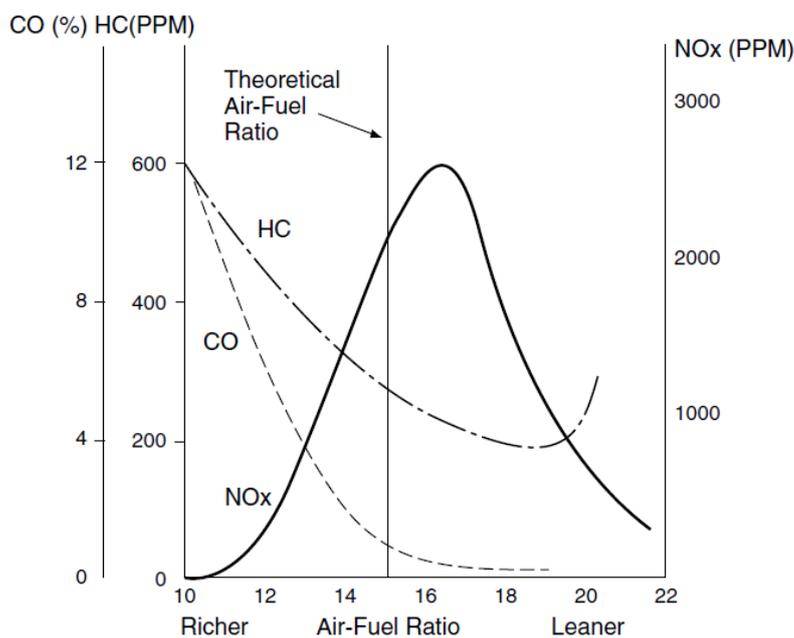
diterapkan terus menerus pada setiap keadaan operasional motor, contohnya dalam putaran *idle* dan beban penuh.

Northop (1995: 54) mengemukakan bahwa “untuk mencapai jumlah perbandingan campuran yang tepat sangatlah sukar, hal ini dikarenakan penggunaan kendaraan dengan kecepatan yang berubah-ubah pada kondisi dan situasi yang berbeda”. Selanjutnya Northop (1995: 54) menjelaskan beberapa komposisi dari campuran bahan bakar dan udara pada tingkat kecepatan putaran mesin yang berbeda adalah sebagai berikut:

- 1) Pada saat sepeda motor dihidupkan, komposisi campuran adalah 5 : 1.
- 2) Setelah mesin hidup, kemudian sepeda motor tersebut dibiarkan hidup di tempat (lambat), maka perbandingan campuran menjadi 11 : 1.
- 3) Kemudian sepeda motor kita tumpangi dan dipakai dalam kecepatan normal, maka campuran berubah menjadi 12 : 1 sampai dengan 13 : 1.
- 4) Adapun yang disebut mesin irit bahan bakar, maka komposisi campurannya adalah sekitar 16 : 1 sampai dengan 18 : 1.

Menurut Faiz (1996: 66) menyatakan “*the air-fuel ratio has an important effect on engine power, efficiency, and emissions*”. Pendapat tersebut menjelaskan bahwa perbandingan udara-bahan bakar memiliki efek penting pada tenaga mesin, efisiensi, dan emisi. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang ideal akan menghasilkan emisi gas buang yang rendah. Dalam sebuah motor bensin, pembakaran campuran yang tidak sempurna sering kali mengakibatkan sisa campuran bahan bakar yang belum terbakar terbang ke udara bebas

sehingga masih mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan. Hubungan campuran udara dan bahan bakar terhadap emisi gas buang yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 14. Hubungan *A/F Ratio* dengan emisi gas buang (Bonnick, 2008: 189)

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa jika rasio udara dan bahan bakar (λ) kurang dari 1 dikatakan campuran kaya, pada kondisi ini campuran tersebut memiliki bahan bakar lebih banyak dibandingkan dengan udara. Hal ini dapat mengakibatkan konsentrasi CO dan HC meningkat. Selanjutnya jika rasio udara dan bahan bakar (λ) lebih dari 1 dikatakan campuran kurus, dimana udara yang terkandung lebih banyak daripada bahan bakar, pada kondisi ini konsentrasi CO dan HC lebih rendah dibandingkan dengan campuran kaya akan tetapi mengakibatkan konsentrasi NO_x meningkat. Rasio udara dan bahan bakar (λ) sama dengan 1.0 dikatakan dengan campuran

ideal atau stoickiometri. Perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang ideal merupakan rasio campuran udara dan bahan bakar untuk pembakaran dengan tingkat polusi yang paling rendah.

b. Efisiensi Volumetrik

Menurut Wahyu (2012: 25) mengemukakan bahwa “efisiensi volumetrik adalah seberapa banyak campuran udara dan bahan bakar yang mampu dihisap dan memenuhi volume silinder untuk menghasilkan tenaga”. Selanjutnya Amien (2005: 89) mengemukakan bahwa “ efisiensi volumetrik merupakan ukuran kemampuan mesin untuk bernafas, atau dengan kata lain perbandingan antara campuran bahan bakar dan udara”.

Berdasarkan pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara volume udara dan bahan bakar yang dapat dihisap oleh piston dengan volume teoritis suatu silinder. Menurut Wahyu (2012: 26) menyatakan bahwa “pada kenyataannya efisiensi volumetrik suatu motor tidak akan mencapai 100%, hanya berkisar antara 60% - 85%”. Hal ini disebabkan campuran udara dan bahan bakar harus melalui saluran dan tekukan yang ada pada sistem pemasukan udara”.

Tekukan pada saluran serta celah katup merupakan hambatan bagi aliran udara. Kemudian bila saluran masuk bertambah panas, maka udara juga akan bertambah panas, sehingga hal tersebut dapat mengakibatkan kepadatan udara juga berkurang. Dengan berkurangnya

kepadatan udara maka kandungan oksigennya juga akan berkurang. Menurut Wahyu (2012: 26) “Untuk meningkatkan efisiensi tersebut, maka dapat dilakukan dengan cara membantu pemasukan muatan baru ke dalam silinder dengan tekanan lebih menggunakan alat kompresor atau *blower*”.

6. Proses Pembakaran

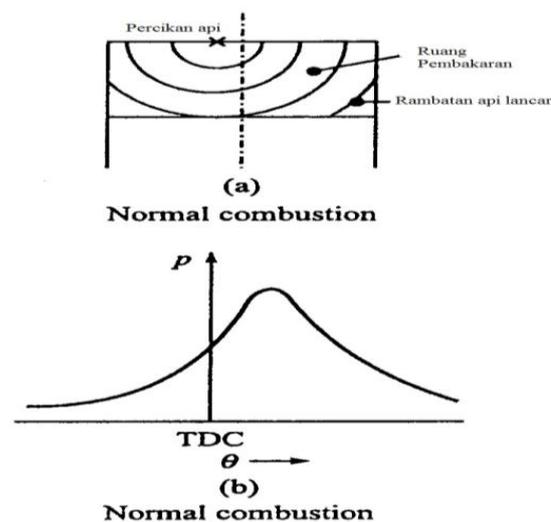
Wardan (1989: 248) Pembakaran didalam motor adalah hal yang sangat menentukan besarnya tenaga yang dihasilkan motor dengan masuknya sejumlah campuran bahan bakar dan udara kedalam silinder dari motor tersebut. Pembakaran didalam silinder merupakan reaksi kimia antara unsur yang terkandung didalam bahan bakar yaitu unsur CH atau hidrocarbon dengan oksigen, yang diikuti dengan timbulnya panas. Panas yang dilepaskan selama proses pembakaran inilah yang digunakan oleh motor untuk menghasilkan tenaga. Proses pembakaran disini adalah proses secara fisik yang terjadi didalam silinder selama pembakaran terjadi. Hal ini berhubungan dengan peningkatan temperatur dan tekanan didalam silinder. Proses ini dimulai dari ketika busi memberikan loncatan bunga api, kemudian mulai membakar, selanjutnya pembakaran terus menyebar hingga seluruh campuran bahan bakar dan udara yang ada didalam ruang bakar terbakar habis.

Pembakaran didalam silinder belum ada jaminan dapat terjadi dengan sempurna. Ada tiga macam pembakaran yang mungkin terjadi didalam silinder *pertama* pembakaran normal, *kedua* pembakaran sendiri

atau auto ignition, dan *ketiga* pembakaran tidak terkontrol yang sering disebut dengan istilah lain detonasi atau *detonation*.

a. Pembakaran Sempurna (Normal)

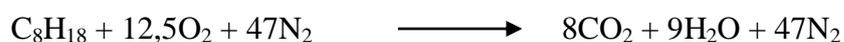
Menurut Gupta (2009: 159) menyatakan “Pembakaran disebut normal ketika penyebaran nyala api berlajut keujung dari ruang pembakaran tanpa ada perubahan secara mendadak atau secara teratur dalam bentuk dan kecepatannya”.



Gambar 15. Pembakaran Sempurna Gupta (2009: 171)

Sedangkan menurut Heywood (1988: 375) menyatakan bahwa “Pembakaran normal dimana percikan bunga api dari busi yang menyalakan api dan bergerak terus keruang pembakaran sampai semua terbakar dengan sempurna”.

Sedangkan menurut Pulkrabek (2004: 140) pembakaran stoikiometri adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut dapat dilihat bahwa proses pembakaran yang baik atau *Carbon* (C_8) dibakar seluruhnya menjadi $8CO_2$ sedangkan Hidrogen (H_{18}) dibakar seluruhnya menjadi $9H_2O$. Tahap terjadinya pembakaran bahan bakar dan udara dalam ruang bakar berlangsung sangat singkat dan cepat. Kalau dibuat perbandingan kebutuhan udara dari setiap satu bagian bahan bakar menjadi:

$$\frac{\text{Jumlah udara}}{\text{Jumlah bahan bakar}} = \frac{(12,5 + 47) (29)}{8 (12) + 18} = 15,1$$

Atau dapat dikatakan perbandingan massa udara dan bahan bakar untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna adalah 15,1 : 1.

Berdasarkan pendapat para ahli diatas dapat disimpulkan bahwa pembakaran didalam selinder disebut normal ketika percikan bunga api dari busi menimbulkan nyala api dan merambat keseluruh selinder dengan kecepatan dan bentuk yang merata sehingga dapat membakar habis campuran bahan bakar dan udara didalam selinder

b. Pembakaran Tidak Sempurna

1) Pre ignition

Menurut Gupta (2009: 173) menyatakan bahwa "*Pre-ignition* adalah penyalaan campuran bahan bakar dan udara yang disebabkan oleh permukaan panas didalam ruang pembakaran sebelum terjadinya pengapian normal". Sedangkan menurut Bonnick (2008: 185-186) menyatakan "*Pre-ignition* ditandai dengan suara lengkingan yang tinggi, yang dikeluarkan saat pembakaran terjadi sebelum percikan api dari busi, disebabkan oleh daerah suhu tinggi".

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

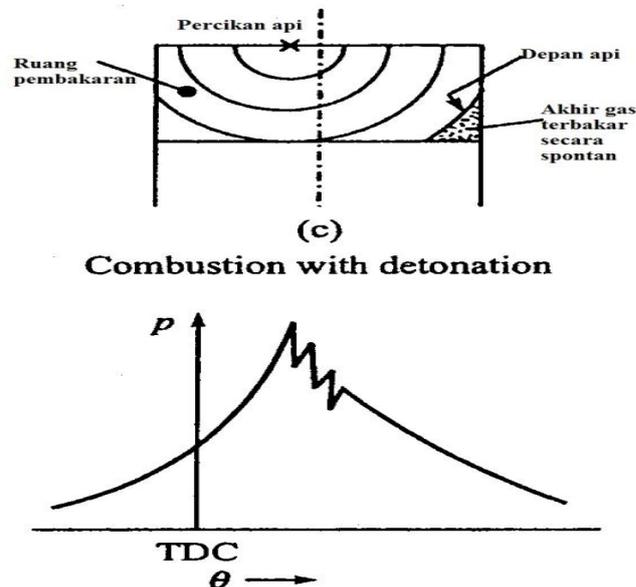
2) Detonasi/*knocking*/ketukan/*noise*

Menurut Turns (2000: 598) menyatakan bahwa “Detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari energi yang dilepaskan dari proses pembakaran. Sedangkan menurut Bonnick (2008: 185) menyatakan bahwa:

Detonasi ditandai dengan bunyi ketukan dan kehilangan performa mesin. Ketukan itu muncul setelah percikan bunga api dari busi terjadi dan hal itu disebabkan oleh daerah tekanan tinggi yang muncul ketika api menyebar seluruh muatan dalam silinder secara tidak merata. Api menyebar ke daerah bertekanan tinggi dan temperatur yang menyebabkan unsur untuk membakar lebih cepat daripada ledakan muatan utama. Detonasi dipengaruhi oleh Faktor desain mesin seperti turbulensi, panas aliran, dan bentuk ruang pembakaran. Kualitas bahan bakar, termasuk nilai oktan, juga memiliki efek. Detonasi dapat menyebabkan peningkatan emisi CO, NO_x dan HC.

Berdasarkan pendapat para ahli diatas maka dapat disimpulkan bahwa detonasi adalah gelombang kejut yang dihasilkan dari proses pembakaran yang ditandai dengan hilangnya tenaga mesin dan adanya bunyi ketukan. Ketukan ini terjadi setelah percikan bunga api dari busi yang disebabkan oleh tingginya temperatur sehingga sebaran api tidak merata. Detonasi terjadi

disebabkan oleh desain mesin seperti turbulensi, aliran panas dan bentuk ruang bakar. Kualitas bahan bakar dan angka oktan juga sangat berpengaruh terhadap terjadinya detonasi.



Gambar 16. Pembakaran dengan Detonasi (Gupta 2009: 171)

7. Hubungan antar variabel penelitian

Made Hardiana (2011: 39) menyatakan bahwa “Dalam kesempurnaan pembakaran bahan bakar ada tiga hal yang mempengaruhinya yaitu *air fuel ratio*, kehomogenan campuran bahan bakar dan temperatur bahan bakar. Pembakaran yang tidak sempurna akan berdampak terhadap energi yang diperoleh, efisiensi konsumsi dan dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan dan polusi udara”. dengan turbo cyclon pencampuran udara akan homogen dan akan membuat pembakaran bahan bakar mudah untuk terbakar sempurna.

Zhang dan Hill dalam Didiek (2003:16) mengatakan untuk mendapatkan campuran bahan bakar dan udara yang lebih homogen yaitu

membuat pusaran udara yang masuk ke dalam karburator sehingga bahan bakar memiliki kesempatan yang lebih besar untuk bersentuhan dengan udara yang mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara lebih merata. Selain itu aliran berpusar dari campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar akan mempercepat proses transfer panas dan pencampuran antara campuran yang terbakar dan yang belum terbakar sehingga aliran berpusar campuran bahan bakar dan udara akan meningkatkan kecepatan pembakaran sehingga konsumsi bahan bakar lebih efisien. muchammad (2007:6) dalam jurnalnya, dijelaskan:

Berdasarkan perhitungan dan pengukuran yang dilakukan oleh *Korea National Industry Research Institute* (1988), ketika perangkat ini (*Turbo Cyclone* dan sejenisnya) dipasang pada saluran udara, tingkat CO dapat diturunkan 17% - 20% pada saat kecepatan mesin idle, daya mesin meningkat 8% - 11%, penghematan bahan bakar 4% - 6% dan kadar NOx berkurang hingga 8% serta *Knocking* mesin berkurang hingga 5%. Pemasangan alat ini menyebabkan adanya perubahan karakteristik aliran udara. Antara lain yaitu timbulnya *Pressure Drop* dan turbulensi.

Mawardi Silaban (2012: 17) dalam jurnalnya “Penyempurnaan proses pembakaran dapat dilakukan dengan cara memberikan udara lebih pada saat proses pembakaran dan dengan cara menyempurnakan proses percampuran bahan bakar dengan udara melalui turbulensi yang baik”

Dengan demikian akan diperoleh hasil pembakaran yang optimal dan sebagai konsekuensinya akan diperoleh panas pembakaran yang lebih besar dibandingkan dengan proses pembakaran normal. Hal ini dapat menghemat penggunaan bahan bakar dan berujung pada ramahnya emisi gas buang.

B. Penelitian Yang Relevan

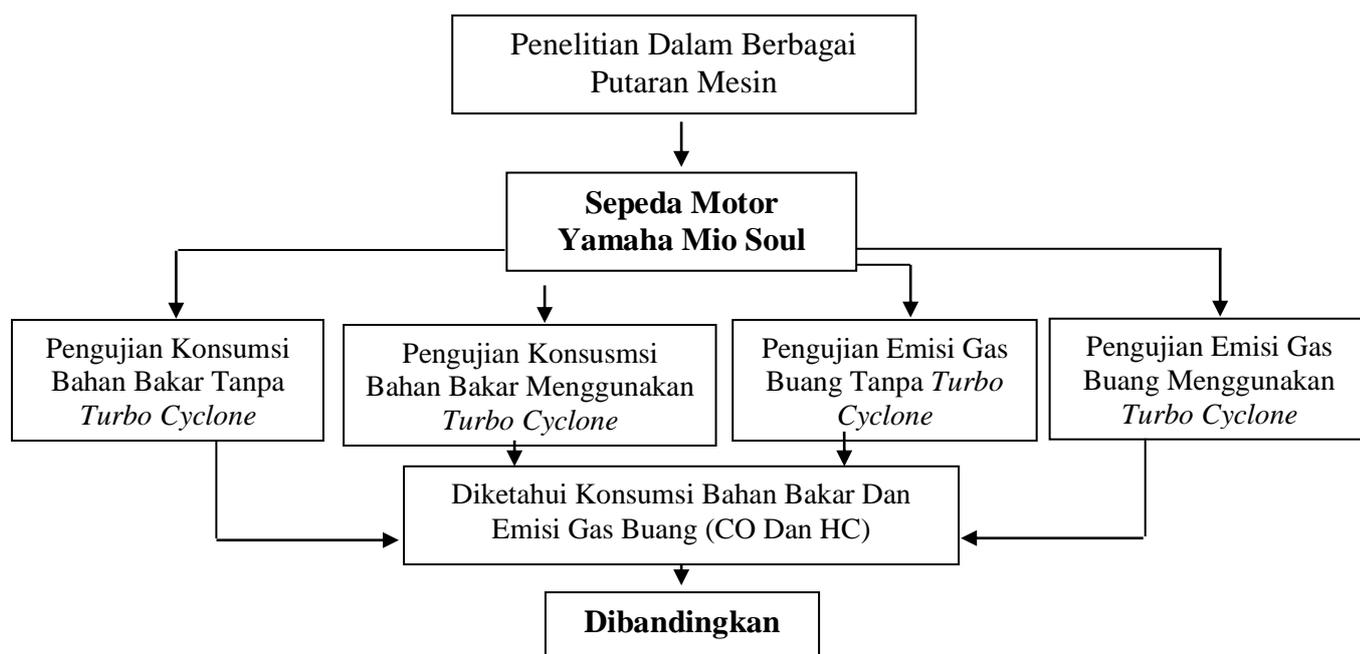
Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan ini untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah di kemukakan dalam kajian teori diatas adalah:

1. M. Yusuf dalam jurnal. Berjudul pengaruh penggunaan *Turbo cyclone* terhadap kinerja mesin kijang 5K dengan hasil penelitian perbandingan hasil pembakaran mesin toyota kijang 5K tanpa menggunakan *cyclone* dan yang menggunakan *cyclone*, terlihat pada hasil uji emisi meliputi : Kadar emisi yang dihasilkan oleh mesin tanpa *cyclone* lebih tinggi daripada kadar emisi yang dihasilkan oleh mesin menggunakan *cyclone*. Dan perbandingan parameter prestasi mesin yang menggunakan *cyclone* dan tidak menggunakan *cyclone* menghasilkan daya efektif dan torsi mesin yaitu daya maksimum 27,70 kW, torsi maksimum 120,17 Nm pada putaran 2200 rpm. Daya efektif dan torsi mesin menggunakan *cyclone* adalah daya maksimum 27,72 kW, torsi maksimum 120,27 Nm pada putaran 2200 rpm.
2. Suliyono (2013) Pengaruh Penggunaan *Turbo Cyclone* Dan Busi Iridium Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Bensin 4 Tak, menyimpulkan bahwa penggunaan *Turbo Cyclone* dan busi iridium pada motor bensin 4 tak dapat menurunkan emisi gas buang seperti HC. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi kendaraan dengan menggunakan turbo cyclone dan busi iridium pada kendaraan Honda Supra X 125 tahun 2011 dapat meningkatkan konsentrasi CO₂ dan

menurunkan konsentrasi O₂ dan emisi HC. Kendaraan dengan menggunakan turbo cyclone dapat meningkatkan CO₂ sebesar 7,03% pada putaran mesin 7000 rpm dan penurunan HC terendah sebesar 55,04% pada putaran mesin 3000 rpm serta penurunan terendah dari O₂ sebesar 48,90% pada putaran mesin 9000 rpm. Kendaraan dengan menggunakan busi iridium dapat meningkatkan CO₂ sebesar 18,19% pada putaran mesin 7500 rpm dan penurunan HC terendah sebesar 51,59% pada putaran mesin 2000 rpm serta penurunan terendah dari O₂ sebesar 78,21% pada putaran mesin 9000 rpm. Kendaraan dengan menggunakan turbo cyclone dan busi iridium dapat meningkatkan CO₂ sebesar 15,76% pada putaran mesin 6500 rpm dan penurunan HC terendah sebesar 32,06% pada putaran mesin 4500 rpm serta penurunan terendah dari O₂ sebesar 62,09% pada putaran mesin 9000 rpm. Kesimpulan dari hasil penelitian di atas bahwa kendaraan eksperimen pembakaran yang dihasilkan jauh lebih baik dari kendaraan standar, karena adanya *turbo cyclone* yang berfungsi merubah aliran laminar campuran udara dan bahan bakar sehingga menjadi aliran turbulen yang mengakibatkan kesempurnaan dalam pembakaran.

C. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah uraian tentang prosedur atau langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dalam upaya mengumpulkan dan menganalisis data. Skema flow chart penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17. Kerangka Berpikir.

D. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang masalah dan landasan teori, maka penulis untuk penelitian ini mengajukan hipotesis bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan *turbo cyclone* terhadap konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor Yamaha Mio Soul.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa data hasil pengujian Tanpa *Turbo Cyclone* dan penggunaan *Turbo Cyclone* pada sepeda motor Yamaha mio soul untuk membuktikan kebenaran hipotesis yang diajukan sebelumnya, setelah mempelajari hasil analisa data sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1. **Konsumsi Bahan Bakar**

Terjadi penurunan yang signifikan terhadap konsumsi bahan bakar pada penggunaan *turbo cyclone* sebesar 7.234% putaran mesin 1500 Rpm, 19.69% putaran mesin 2000 Rpm, dan 13.81% putaran mesin 2500 Rpm.

2. **Emisi Gas Buang CO Dan HC**

Terjadi penurunan kadar gas CO pada penggunaan *turbo cyclone* sebesar 59.714% pada putran mesin 1500 Rpm, 3.192% pada putaran 2000 Rpm dan 12.443% pada putaran mesin 2500 Rpm pada penggunaan *Turbo cyclone*. Sedangkan HC mengalami penurunan sebesar 6.571% pada putaran mesin 1500 Rpm, sedangkan pada Rpm 2000 Mengalami kenaikan sebesar 1.413% putaran mesin 2000 Rpm dan 8.257% putaran mesin 2500 Rpm.

B. Saran

Setelah melakukan penelitian dan dilakukan analisa data sehingga didapatkan berbagai kesimpulan dari hasil penelitian, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih terbatas hanya pada beberapa putaran *engine* yang mewakili, diharapkan pada penelitian lanjutan agar lebih variatif lagi.
2. Sebaiknya dilakukan juga penelitian pengaruh penggunaan *Turbo Cyclone* terhadap besarnya daya, dan torsi.
3. Sebaiknya dilakukan juga penelitian pengaruh penggunaan *Turbo Cyclone* pada sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar injeksi.
4. Sebaiknya dilakaukan penelitian sudut sirip dari turbo cyclone agar pemosukan udara lebih efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fauzien. (2008). *Analisis Penggunaan Venturi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Allan Bonnick. (2008). *Automotive Science and Mathematics*. Elsevier Ltd: Hungary.
- Anonim. (2011) "Badan Pusat Statistik perkembangan jumlah kendaraan bermotor di indonesia". [http// www.Bps.go.id/tab_sub/view.php](http://www.Bps.go.id/tab_sub/view.php) (Diakses 25 April 2014).
- BPM. Arends dan H. Berenschot (1980). *BENZINEMOTOREN* (Umar Sukrisno. Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Budiarsa Suyasa, Suarna & Sastra Negara. (2009). "Pengaruh Nilai Oktan Bahan Bakar dan Putaran Mesin pada Kendaraan Bermotor Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang". *Jurnal Ecotrophic* 4 (2): 106-111.
- Bureau. (2006). *Fuels & Combustion*. Chapter 1. Asia: United Nations Environment Programme.
- Daryanto.(2004). *Teknik Pemeliharaan Mobil*. Jakarta: BumiAngkasa
- Faiz, Asif, Weaver, Cristopher s & Walsh, Michael P. (1996). *Air Pollution from Motor Vehicles Standards and Technologies For Controlling Emissions*. Wasington.D.C: World Bank.
- Gerhart, Philip M., Gross, dan Richard J.: "Fundamentals of Fluid Mechanics."Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Co., 1985
- Gupta.HN. (2009) *Fundamentals Of Internal Combustion Engine*.New Delhi: Asoke K. Ghose
- International Institute For Sustainable Development's. (2012). "Panduan Masyarakat Tentang Subsidi Energi Di Indonesia". Pada www.iisd.org. (diakses 25 April 2014).
- Lipson, Charles. (1973). *Statical Design and Analysis of Engineering Experiment*. Tokyo: Mc Graw – Hill.
- Made Hardiana. (2011). "Pengaruh *Air Fuel Ratio* terhadap emisi gas buang berbahan bakar LPG pada ruang bahan bakar model *Helle-Shaw cell*". *Jurnal ilmiah teknik mesin* 5 (1): 39-45.