

**PENGARUH VARIASI PENYETELAN CELAH KATUP
MASUK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS
BUANG PADA MESIN TIPE G15A**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Di Universitas Medan Area*

OLEH:

**RAHMAD ABDULLAH
14.813.0062**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

**PENGARUH VARIASI PENYETELAN CELAH KATUP
MASUK TERHADAP PRESTASI MESIN DAN EMISI GAS
BUANG PADA MESIN TIPE G15A**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Di Universitas Medan Area*



Oleh :

**RAHMAD ABDULLAH
14.813.0062**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2019**

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Tipe G15A
Nama : Rahmad Abdullah
NPM : 14.813.0062
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Ir. Husin Ibrahim, MT
Pembimbing I


Ir. H. Amirsyam Nasution, MT
Pembimbing II

Mengetahui :


Ir. Armansyah Ginting, M. Eng
Dekan Fakultas Teknik


Hobby Umrah ST, MT
Dekan Prodi Teknik Mesin

Tanggal Lulus : 7 Febuari 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri . Adapun bagian – bagian tertentu didalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi yang lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 07 Februari 2019

Penulis



RAHMAD ABDULLAH

14.813.0062

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademi Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmad Abdullah
NPM : 14.813.0062
Program Studi : Teknik Mesin
Falkutas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : **Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Tipe G15A.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 25 Maret 2019

Yang menyatakan



(Rahmad Abdullah)

Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Pada mesin Tipe G15A

Abstrak

Mekanisme katup adalah salah satu bagian terpenting dari motor 4 langkah. Untuk memaksimalkan kembali kerja mekanisme katup yang turun karena setelan katup tidak lagi seperti semula bisa diatasi dengan cara menyetel ulang kerenggangan celah katup tersebut sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi celah katup dan terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada mesin tipe G15A. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimen dan merupakan penelitian kuantitatif, yaitu memaparkan secara jelas hasil eksperimen di laboratorium terhadap benda uji, kemudian analisis datanya menggunakan angka-angka. Pengambilan data penelitian ini dihasilkan dari pengukuran konsumsi bahan bakar premium, tekanan dalam silinder dan emisi gas buang pada mesin tipe G15A menggunakan variasi celah katup dengan ukuran kerenggangan 0,10 mm, 0,15 mm, 0,20 mm dan 0,25 mm pada putaran mesin 1000 Rpm, 1500 Rpm, 2000 Rpm, 2500 Rpm, 3000 Rpm dan 3500 Rpm dengan bahan bakar premium menggunakan angka RON 86, selama 5 menit dan sebanyak 3 kali pengulangan. Kesimpulan dari hasil penelitian ini terdapat pengaruh signifikan dari variasi penyetelan katup terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada mesin G15A.

Kata kunci : Variasi celah katup, Prestasi mesin dan Emisi gas buang

The Effect of Gap Inlet Valve Variations on Engine Performance and Exhaust Emissions on G15A Type Engines

Abstract

The valve mechanism is one of the most important parts of a 4-step motor. To maximize the working return of the valve mechanism which is dropped because the valve settings are no longer as they were, they can be overcome by resetting the gap gap of the valve according to the needs. This study aims to determine the effect of gap inlet valve variations on engine performance and exhaust emissions on G15A type engines. In this study, the method used is the experimental method and is quantitative research, which clearly describes the experimental results in the laboratory of the test object, then analyzes the data using numbers. Data retrieval of this research resulted from the measurement of premium fuel consumption, cylinder pressure and exhaust gas emissions on type G15A engines using variations in gap inlet valves with 0.10 mm, 0.15 mm, 0.20 mm and 0.25 mm gap sizes at 1000 Rpm engine speed, 1500 Rpm, 2000 Rpm, 2500 Rpm, 3000 Rpm and 3500 Rpm with premium fuel using RON 86 numbers, for 5 minutes 3 repetitions. The conclusion of the results of this study is that there are significant effects of variations in valve settings on engine performance and exhaust emissions on the G15A engine.

Keywords: Valve gap variations, engine performance and exhaust gas emissions

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian ini adalah Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Tipe G15A.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk bisa menempuh ujian sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin di Universitas Medan Area (UMA).

Di dalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan terima kasih sedalam – dalamnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Dadan Ramdan, M.Eng M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area, dan Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Ibu Sherlly Maulana, ST. MT selaku Wakil Dekan bidang Akademik Universitas Medan Area.
3. Bapak Bobby Umroh, ST. MT selaku Ka. Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah menyetujui permohonan penyusunan Skripsi.
4. Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dalam penyusunan Skripsi ini hingga selesai.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan Skripsi ini hingga selesai.

6. Sahabat-sahabat stambuk 2014, dan terkhusus buat Grup seminar yang telah banyak memberi dukungan baik moril maupun materil hingga skripsi ini selesai. Thanks buat Adriel, Annas, Banu, Dennis, Haikal, Reza, Riki kalian luar biasa.
7. Seluruh Pegawai di Fakultas Teknik yang telah membantu administrasi Skripsi ini hingga selesai.
8. Orang Tua tercinta yang telah banyak memberikan doa dan dukungan kepada penulis secara moril maupun materil hingga skripsi ini selesai.
9. Kakak dan adik tercinta serta anggota keluarga dan kerabat yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
10. Sahabat dan rekan seperjuangan tercinta yang tiada henti memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
11. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Medan , 25 Maret 2019

Penulis

Rahmad Abdullah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	vi
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan dan Ruang Lingkup	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. Sejarah Motor Bakar	6
2.2. Dasar Motor Bakar	6
2.3. Siklus 4 Langkah Motor Bensin	8
2.4. Katup	11
2.4.1. Mekanisme Katup	11
2.4.2. Overlap Katup	22
2.5. Prestasi Mesin	23
2.5.1. Volume Langkah dan Volume Ruang Bakar	23
2.5.2. Perbandingan Kompresi	24
2.5.3. Tekanan Indikator Rata-rata (P_1)	25
2.5.4. Daya Indikator	25

2.5.5.	Daya Break (N_b)	26
2.5.6.	Efisiensi Mekanis	27
2.5.7.	Efisiensi Termal Indikator	27
2.5.8.	Efisiensi Termal Break	28
2.5.9.	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Indikator	28
2.5.10.	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Break	29
2.5.11.	Efisiensi Volumetrik	29
2.6.	Efisiensi Mesin	30
2.7.	Emisi Gas Buang	30
2.8.	Proses Terbentuknya Gas Buang	31
2.8.1.	Hidrokarbon (HC)	31
2.8.2.	Karbon Monoksida (CO)	31
2.8.3.	Nitrogen Oksida (NO_x)	32
2.8.4.	Karbon Dioksida (CO_2)	32
2.8.5.	Oksigen (O_2)	32
2.8.6.	Plumbum/Timbal (Pb)	32
2.8.7.	Nitrogen (N_2)	33
2.8.8.	Air (H_2O)	33
2.8.9.	Nilai AFR dan Lambda	33
2.9.	Mesin Tipe G15A	34

BAB III METODE PENELITIAN39

3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	39
3.2.	Alat dan Bahan	39
3.2.1.	Suzuki Diagnosa Tool (SDT)	39
3.2.2.	Gelas Ukur	40
3.2.3.	Stopwath	41
3.2.4.	Feeler Gauge	42
3.2.5.	Tool Box	42
3.2.6.	Compression Gauge	43
3.2.7.	Automotive Emission Analyzer	43
3.2.8.	Mobil AVP	44

3.3. Tahap Pengambilan Data	45
3.4. Diagram Alir	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Data	49
4.1.1. Konsumsi Bahan Bakar	49
4.1.2. Tekanan Dalam Silinder	49
4.1.3. Emisi Gas Buang	50
4.2. Hasil	51
4.2.1. Daya Indikator	51
4.2.2. Daya Break	53
4.2.3. Energi Panas Masuk	54
4.2.4. Efisiensi Thermal Break	55
4.2.5. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Break (b_{sfc})	56
4.2.6. Emisi Gas Buang	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64

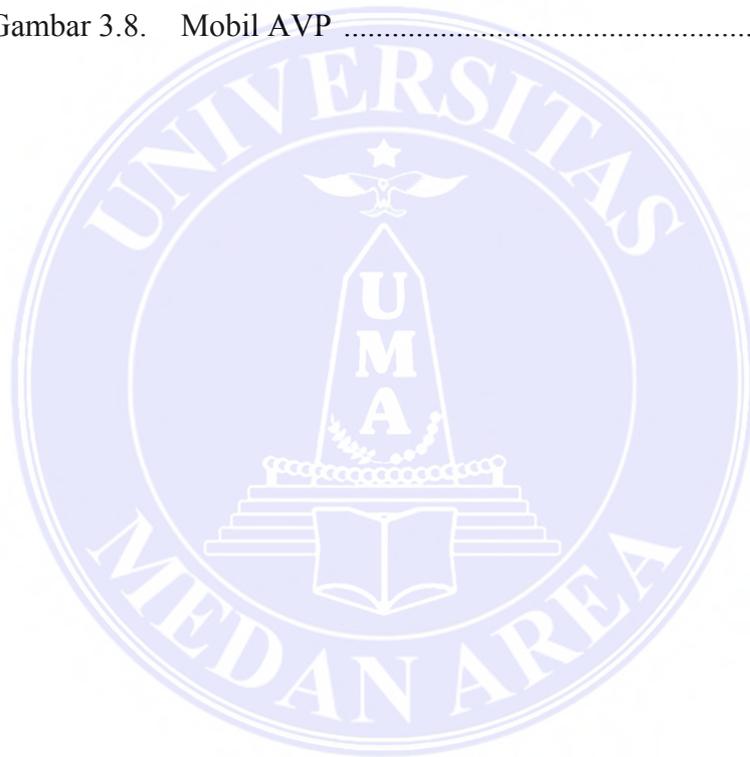
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Konsumsi Bahan Bakar	48
Tabel 4.2. Tekanan Dalam Silinder	48
Tabel 4.3. Emisi Gas Buang pada Celah Katup Masuk 0,10mm	49
Tabel 4.4. Emisi Gas Buang pada Celah Katup Masuk 0,15mm	49
Tabel 4.5. Emisi Gas Buang pada Celah katup Masuk 0,20mm	50
Tabel 4.6. Emisi Gas Buang pada Celah Katup masuk 0,25mm	50
Tabel 4.7. Daya Indikator	51
Tabel 4.8. Daya Break	52
Tabel 4.9. Energi Panas Masuk	53
Tabel 4.10. Efisiensi Thermal Break	54
Tabel 4.11. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Break (b_{sf})	55
Tabel 4.12. Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO)	56
Tabel 4.13. Emisi Gas Buang Hidro Karbon (HC)	57
Tabel 4.14. Emisi Gas Buang Karbondioksida (CO ₂)	58
Tabel 4.15. Emisi Gas Buang Oksigen (O ₂)	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Langkah Hisap	8
Gambar 2.2. Langkah Kompresi	9
Gambar 2.3. Langkah Ekspansi	10
Gambar 2.4. Langkah Buang	10
Gambar 2.5. Mekanisme Katup Samping (SV)	12
Gambar 2.6. Mekanisme Katup Tipe OHV	13
Gambar 2.7. Mekanisme Katup Tipe SOHC	15
Gambar 2.8. Mekanisme Katup Tipe DOHC	16
Gambar 2.9. Timing Gear	17
Gambar 2.10. Timing Chain	17
Gambar 2.11. Timing Belt	18
Gambar 2.12. Bagian Dari Katup	19
Gambar 2.13. Katup Dengan Natrium	20
Gambar 2.14. Pelatuk	20
Gambar 2.15. Pegas Katup Tunggal	21
Gambar 2.16. Pegas katup Ganda	21
Gambar 2.17. Diagram Katup	23
Gambar 2.18. Grafik Efisiensi Terhadap Rasio Kompresi Mesin Otto	29
Gambar 2.19. Mobil Keluarga (Suzuki APV)	35
Gambar 2.20. Angkutan Umum (Suzuki Carry dan APV)	35
Gambar 2.21. Angkutan Barang (Suzuki Carry)	35

Gambar 3.1. SDT (Suzuki Diagnosa Tool)	40
Gambar 3.2. Gelas Ukur	40
Gambar 3.3. Stopwatch	41
Gambar 3.4. Feeler Gauge	42
Gambar 3.5. Toolbox	42
Gambar 3.6. Compression Gauge	43
Gambar 3.7. Automotive Emission Analyzer	43
Gambar 3.8. Mobil AVP	44



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada masa sekarang ini manusia membutuhkan sarana transportasi dalam berbagai bidang. Sarana transportasi itu digunakan untuk memperlancar segala kebutuhan manusia seperti mengantar barang, untuk berpergian ke suatu tempat, dan lain sebagainya. Salah satu alat transportasi yang digunakan adalah kendaraan bermotor.

Agar kebutuhan konsumen terpenuhi akan kendaraan bermotor yang berbeda-beda kegunaannya, setiap Dealer mengeluarkan berbagai macam kendaraan dengan berbagai macam tipe dan spesifikasi yang berbeda-beda sesuai dengan berbagai kebutuhan konsumen. Merancang suatu kendaraan bermotor khususnya mobil, para produsen mengharapkan produknya ekonomis, performa motor yang bagus, dan efisien. Sehingga dapat bersaing di pasaran dan diminati masyarakat. Apalagi persaingan pasar kendaraan bermotor di Indonesia semakin kompetitif. Sebuah kendaraan bermotor mempunyai performa motor yang bagus, jika kendaraan tersebut hemat bahan bakar dan menghasilkan daya dan torsi yang optimal.

Salah satu cara untuk meningkatkan peforma mesin adalah dengan penyetelan celah katup (Matheus M. Dwinanto dan Sarjono, 2009). Pada saat 200.000 km terjadi keausan dan penurunan kualitas komponen-komponen mekanisme katup. Tingkat keausan ini akan terjadi lebih cepat apabila tidak melakukan perawatan

berkala. Gejala keausan dan kualitas komponen ditunjukkan pada berkurangnya output tenaga mesin akibat katup tidak membuka dan menutup dengan tepat, hilangnya kemampuan perapatan dan meningkatnya emisi gas buang.

Emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. Gas buang kendaraan bermotor terdiri dari atas zat yang tidak beracun seperti Nitrogen (N_2), Karbondioksida (CO_2), uap air (H_2O) dan zat beracun seperti Karbon monoksida (CO), Oksida nitrogen (SO_x), zat debu timbal (Pb) serta Hidro karbon (HC). Kinerja mesin baik, berarti pembakaran dalam mesin mendekati sempurna sehingga emisi gas buang rendah.

Katup digunakan untuk mengatur pemasukan campuran bahan bakar dan udara serta pengeluaran gas sisa pembakaran. Banyaknya campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar sangat mempengaruhi parameter operasi mesin bensin yang diatur oleh besar kecilnya ukuran celah katup. Proses pembakaran gas dalam silinder mesin harus berlangsung dalam ruang bakar yang tertutup rapat. Jika sampai terjadi kebocoran gas meski sedikit, maka proses pembakaran akan terganggu (tidak sempurna). Oleh karenanya katup-katup harus tertutup rapat pada saat pembakaran gas berlangsung (Jama,2012).

Prestasi mesin sangat erat hubungannya dengan parameter operasi mesin bensin, sehingga besar kecilnya harga parameter operasi akan menentukan tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan (Wardono,2004). Prestasi mesin dapat juga dinyatakan dengan daya output dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Daya output engkol menunjukkan daya output yang berguna untuk menggerakkan sesuatu atau beban. Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifik

engkol menunjukkan seberapa efisien suatu mesin menggunakan bahan bakar yang disuplai untuk menghasilkan kerja.

PT.Suzuki Indomobil Motor (SIM) dan PT.Suzuki Indomobil Sales (SIS) meluncurkan mesin tipe G15A sejak tahun 2004 hingga saat ini pada mobil Suzuki APV. Mesin tipe G15A ini berkapasitas 1500cc, 4-cylinder, 16-valve, sudah memenuhi Emission Control standart Euro II yang ramah lingkungan. Selain itu di Suzuki mesin tipe G15A ini paling banyak digunakan pada mobil, mulai dari mobil keluarga, angkutan umum dan angkutan barang (pick-up).

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul **“Pengaruh Variasi Penyetelan Celah Katup Masuk Terhadap Prestasi Mesin pada Mesin Mobil Tipe G15A”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah pengaruh variasi penyetelan celah katup masuk terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang pada mesin mobil tipe G15A.

1.3. Batasan dan Ruang lingkup

Pada penelitian tugas akhir ini penulis membatasi masalah pada :

1. Bahan yang digunakan adalah mesin bensin 4 langkah tipe G15A.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah premium.
3. Hanya pada celah katup masuk yang dilakukan penyetelan dengan variasi ukuran 0,10mm, 0,15mm, 0,20mm dan 0,25mm.
4. Pengujian dilakukan dengan variasi putaran mesin 1000Rpm, 1500Rpm, 2000Rpm, 2500Rpm, 3000Rpm dan 3500Rpm.
5. Prestasi mesin yang diuji meliputi daya indikator, daya break, energi panas masuk, efisiensi thermal break dan konsumsi bahan bakar spesifik break.
6. Senyawa gas buang yang diamati adalah karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), karbondioksida (CO₂) dan oksigen (O₂).

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh variasi penyetelan celah katup masuk terhadap prestasi mesin pada daya indikator, daya break, energi panas masuk, efisiensi thermal break dan konsumsi bahan bakar spesifik break pada mesin mobil tipe G15A.
2. Mengetahui pengaruh variasi penyetelan katup masuk terhadap kandungan senyawa gas buang karbon monoksida (CO), hidro karbon (HC), karbondioksida (CO₂) dan oksigen (O₂) yang dihasilkan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah :

1. Dapat dijadikan sebagai sumber pengetahuan dalam perbaikan mesin bagi jasa perbengkelan.
2. Dapat dijadikan sebagai literatur untuk meningkatkan performa mesin agar tetap optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulis mencoba menguraikan seperti dibawah ini :



BAB I	PENDAHULUAN
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sejarah Motor Bakar

Sejarah motor bakar mengalami perkembangan yang menggembarakan sejak tahun 1864. Pada tahun tersebut Lenoir mengembangkan mesin pembakaran dalam tanpa proses kompresi. Campuran bahan bakar dihisap masuk silinder dan dinyalakan sehingga tekanan naik, selanjutnya gas pembakaran berekspansi yang mendorong piston, langkah berikutnya gas pembakaran dibuang. Piston kembali bergerak menghisap campuran bahan bakar udara dengan menggunakan energi yang tersimpan dalam roda gila. Mesin Lenoir pada tahun 1865 diproduksi sebanyak 500 buah dengan daya 1,5 hp pada putaran 100 rpm (Sepvinoлист Tulus Pardede dan Tulus B. Sitorus, 2013).

2.2. Dasar Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak-balik piston atau dua kali putarn poros engkol. Langkah piston adalah gerak piston tertinggi atau TMA sampai yang terendah TMB. Sedangkan siklus kerja adalah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak-balik piston yang membentuk rangkaian siklus tertutup (Hidayat, 2012).

Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran diluar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, turbin gas, turbin uap, dan lain-lain.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan eisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan tranport mesin uap tidak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak.

Prinsip kerja motor bensin adalah mesin yang bekerja memanfaatkan energi dari hasil gas panas hasil proses pembakaran, dimana proses pembakaran terjadi dalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran berfungsi sebagai fluida kerja menjadi tenaga atau energi panas (Hidayat,2012).

Motor bensin jenis torak, yang gerakan torak berupa gerak bolak-balik (translasi) diubah menjadi gerak putar oleh poros engkol. Gerak putar atau rotasi lebih mudah untuk digunakan untuk kebutuhan manusia.

2.3. Siklus 4 Langkah Motor Bensin

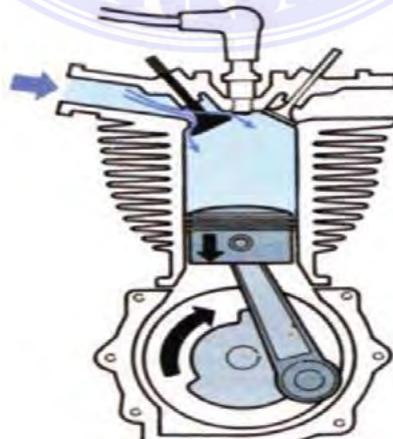
Motor bensin 4 langkah adalah motor bensin dimana untuk melakukan suatu kerja diperlukan 4 langkah gerakan piston dan 2 kali putaran poros engkol. Siklus kerja motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut :

a. Langkah Hisap

Langkah hisap ditandai dengan piston bergerak dari TMA menuju TMB dengan tanda katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Saat langkah hisap didalam silinder terjadi kevakuman yang mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder (Hidayat,2012).

Katup masuk pada langkah hisap sudah terbuka sebelum piston bergerak dari TMA dengan tujuan untuk menghasilkan lubang masuk bahan bakar yang lebih lama. Hal tersebut disebabkan karena gas buang yang berada pada ruang bakar hanya dapat dibuang oleh energi gerakan.

Peristiwa tersebut dapat dikurangi dengan proses *overlapping* katup, namun akan selalu ada gas buang yang masih tertinggal di dalam silinder.

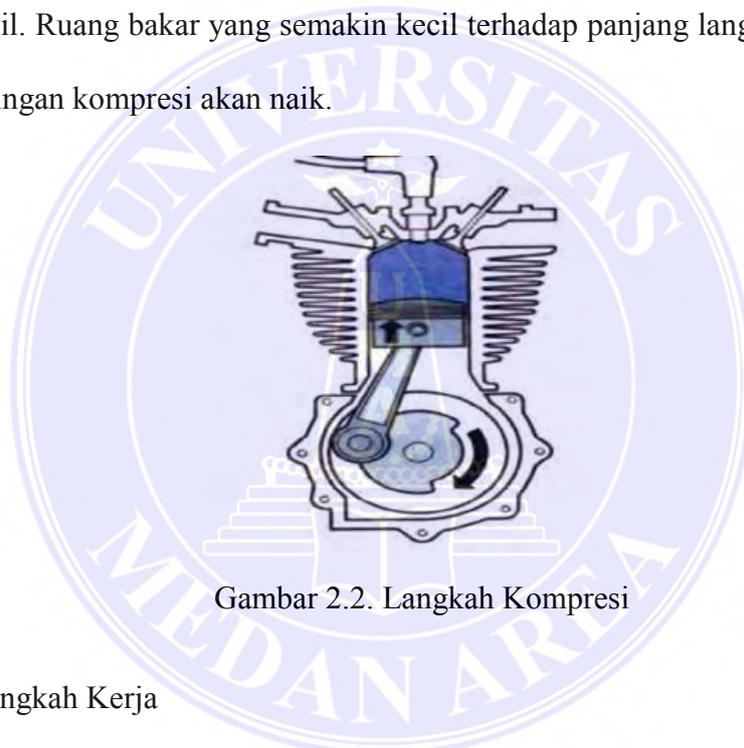


Gambar 2.1. Langkah Hisap

b. Langkah Kompresi

Langkah kompresi secara teori terjadi ketika piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan posisi katup masuk dan buang dalam keadaan tertutup. Kenyataan yang terjadi langkah kompresi dimulai saat katup masuk tertutup.

Langkah kompresi mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar dikompresikan atau ditekan akibatnya tekanan dan temperaturnya naik sehingga mudah dalam proses pembakaran. Tekanan kompresi akan naik bila ruang bakar diperkecil. Ruang bakar yang semakin kecil terhadap panjang langkah torak maka perbandingan kompresi akan naik.



Gambar 2.2. Langkah Kompresi

c. Langkah Kerja

Pada langkah kerja pembakaran campuran bahan bakar dengan udara sebaiknya terjadi pada TMA atau sedikit sesudahnya, ini disebabkan oleh pengembangan gas tersebar akibat suhu tertinggi harus terjadi pada volume terkacil sehingga piston mendapat tekanan terbesar. Pada saat campuran terbakar sangat cepat, proses pembakaran menyebabkan campuran gas akan mengembang dan memuai, dan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran dalam ruang bakar

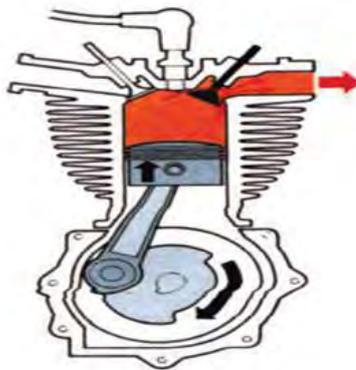
menimbulkan tekanan ke segala arah dan tekanan pembakaran mendorong piston ke bawah (TMB), selanjutnya memutar poros engkol melalui connecting rod.



Gambar 2.3. Langkah Ekspansi

d. Langkah Buang

Gerakan piston yang menuju TMA akan mempertinggi tekanan dari gas buang yang akan mengalir melalui katup buang yang akan menuju saluran buang. Seperti apa yang telah dijelaskan pada langkah hisap, sisa dari gas buang tidak akan semuanya terbang, dengan kata lain masih terdapat gas sisa pembakaran yang tertinggal di dalam ruang bakar pada saat langkah buang. *Overlapping* katup dapat mengurangi peristiwa tersebut.



Gambar 2.4. Langkah Buang

2.4. Katup

Salah satu cara untuk meningkatkan performa mesin adalah dengan penyetelan celah katup (Matheus M. Dwinanto dan Sarjono, 2009). Pada saat 200.000 km terjadi keausan dan penurunan kualitas komponen-komponen mekanisme katup. Tingkat keausan ini akan terjadi lebih cepat apabila tidak melakukan perawatan berkala. Gejala keausan dan kualitas komponen ditunjukkan pada berkurangnya output tenaga mesin akibat katup tidak membuka dan menutup dengan tepat, hilangnya kemampuan perapatan, meningkatnya konsumsi bahan bakar dan oli.

Katup digunakan untuk mengatur pemasukan campuran bahan bakar dan udara serta pengeluaran gas sisa pembakaran, gerakan katup diatur oleh mekanisme katup. Gigi timing camshaft selalu 2 kali lebih banyak dari gigi timing crankshaft dan menimbulkan perbandingan 2:1, maksudnya poros camshaft berputar satu kali putaran yang mana poros crankshaft berputar dua kali putaran yang memberi pembukaan (katup masuk dan katup buang) setiap putaran poros engkol (Daryanto, 1994).

2.4.1. Mekanisme Katup

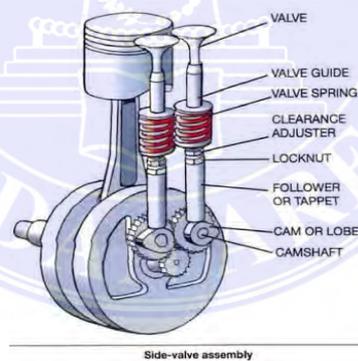
Motor bensin biasanya terdapat satu atau dua katup masuk dan katup buang pada setiap silindernya tapi mungkin bisa lebih dari itu. Contohnya pada mesin Suzuki APV G15A memiliki dua katup masuk dan dua katup buang. Fungsi dari katup sebenarnya untuk memutuskan dan menghubungkan ruang silinder di atas piston dengan aliran udara luar pada saat yang dibutuhkan.

Proses pembakaran gas dalam silinder mesin harus berlangsung dalam ruang bakar yang tertutup rapat. Jika sampai terjadi kebocoran gas meski sedikit, maka proses pembakaran akan terganggu. Oleh karenanya katup-katup harus tertutup rapat pada saat pembakaran gas berlangsung (Jama,2012).

Inovasi penempatan katup dapat dibedakan dari penempatan katup terhadap kepala silinder. Penempatan katup terbagi 4 yaitu Katup Samping/Slide Valve (SV), Over Head valve (OHV), Singel Over Head Camshaft (SOHC) dan Double Over Head Camshaft (DOHC).

a) Katup Samping/Slide Valve (SV)

Katup samping adalah konstruksi katup yang sederhana dan ringan dengan menempatkan katup pada sisi samping dari silinder. Penempatan katup yang di samping silinder membuat ukuran panjang mesin berkurang. Penempatan katup di samping juga akan membuat mesin lebih lebar.



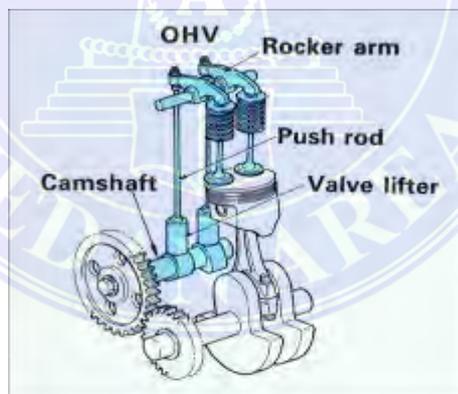
Gambar 2.5. Mekanisme Katup Samping (SV)

Cara kerjanya adalah ketika poros engkol berputar maka berputarlah roda gigi yang terhubung di poros engkol, roda gigi tersebut akan berhubungan dengan roda gigi yang terpasang di cam, jika cam menyentuh batang pendorong sehingga batang pendorong akan mendorong katup dengan melawan gaya pegas dan katup pun

terbuka. Komponen yang bekerja terdiri dari katup, pegas katup, mur penyetel, pengangkat katup, cam, camshaft dan roda gigi poros engkol. Tipe dari katup ini biasanya untuk putaran mesin yang rendah dan biasanya pada mesin industri (Jama,2012)

b) Tipe Over Head Valve (OHV)

Mekanisme katup jenis ini cam terletak dibawah silinder sehingga kerja dari mekanisme katup membutuhkan batang penekan (push rod). Tambahan batang penekan maka komponen menjadi banyak sehingga tenaga mesin akan berkurang karena adanya tambahan komponene. Adanya batang penerus maka bobot mesin juga akan lebih berat dan gerakan kerja mesin cenderung terjadi keterlambatan pembukaan dan penutupan katup. Mekanisme katup ini cocok untuk putaran mesin rendah sampai tinggi.



Gambar 2.6. Mekanisme Katup Tipe OHV

Komponen katup tipe ini terdiri dari roda gigi reduksi, perantara roda gigi menggunakan timing gear atau timing chain, poros cam, pengangkat (tappet), batang penekan, pelatuk, pegas katup, penahan pegas, mur penyetel, dan katup. Roda gigi reduksi berfungsi untuk mengubah putaran dari poros engkol dengan perbandingan 2 : 1, artinya ketika poros engkol berputar dua kali maka gigi reduksi

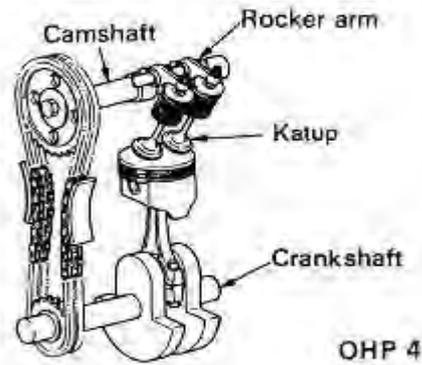
berputar satu kali. Hal tersebut bertujuan untuk mengatur mekanisme katup yang kerjanya sesuai dengan kerja mesin 4 langkah. Poros cam bertujuan untuk mengubah gerak putar menjadi gerak naik turun yang terjadi di tappet dan batang penekan sehingga pelatuk bisa mendorong katup masuk dan katup buang sesuai dengan langkah mesin yang bekerja (Hidayat,2012).

c) Tipe Singel Over Head Camshaft (SOHC)

Motor bensin dengan mekanisme katup tipe SOHC dari segi komponen lebih ringkas dibandingkan dengan mesin dengan mekanisme katup OHV. Ciri utama dari mekanisme katup ini ada pada poros cam dan katup yang terletak di atas silinder serta penggerak poros cam menggunakan rantai atau sabuk. Keuntungan dari mekanisme katup ini dapat dilihat dengan berkurangnya komponen sehingga bisa mempercepat kerja mekanisme katup untuk mengurangi keterlambatan pembukaan dan penutupan katup. Jika dalam sebuah mesin hanya menggunakan dua katup dan satu poros cam maka disebut mesin SOHC (*Single Over Head Camshaft*).

Kemampuan mesin dapat ditingkatkan dengan memperbaiki sistem pemasukan udara dan bahan bakar ke dalam silinder. Udara dan bahan bakar yang masuk lebih banyak maka tenaga akan bertambah pula. Sesuai dengan hal tersebut maka dalam mesin perlu ditambah katup pada setiap silindernya, misalnya tiap silinder terdapat 3 atau 4 katup yang bertujuan agar gas baru yang dihisap lebih optimal.

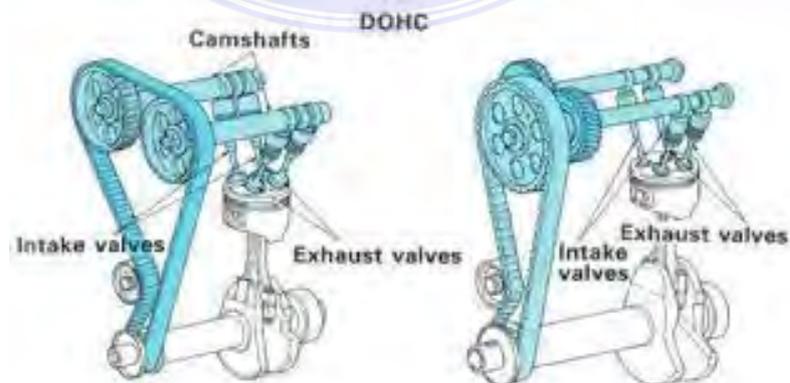
Varian dari model mesin SOHC sekarang dapat menambah katupnya lebih dari dua setiap silindernya, bahkan sekarang tiap silindr memungkinkan untuk dipasang 2 sampai 6 katup pada setiap silindernya (Wahyu,2012).



Gambar 2.7. Mekanisme Katup Tipe SOHC

d) Tipe Double Over Head Camshaft (DOHC)

DOHC singkatan dari *Double Over Head Camshaft*. Jika diartikan maka dua poros *cam* yang terpasang pada kepala silinder mesin. Penggunaan poros *cam* ganda akan lebih mudah untuk menambah jumlah katup. Mesin DOHC jumlah katup bisa mencapai 16 sampai 24 untuk mesin dengan 4 silinder. Katup yang lebih banyak maka aliran gas yang masuk lebih mudah sehingga jumlah gas yang masuk lebih banyak dibanding tipe mesin SOHC. Saat putaran tinggi mesin DOHC lebih unggul karena memiliki tenaga yang melimpah. Sedang saat putaran rendah mesin tipe ini justru akan kurang tenaga karena tenaganya habis untuk menggerakkan dua poros *cam* dan katup yang lebih banyak (Hidayat, 2012).



Gambar 2.8. Mekanisme Katup Tipe DOHC

Komponen Mekanisme Katup

1. Poros *Cam*

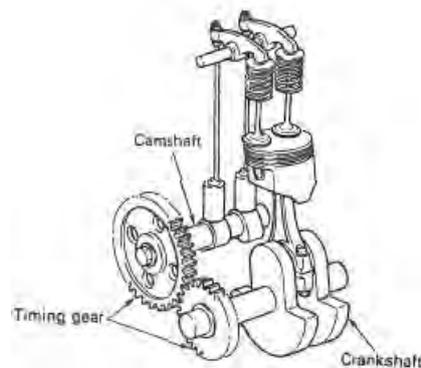
Poros *cam* merupakan proyeksi eksentrik pada poros yang berputar yang digunakan untuk mengatur pembukaan dan penutupan katup dengan berbagai perantara mekanik seperti yang digunakan diatas. Bentuk atau profil dari *cam* menentukan titik pergerakan, kecepatan pembukaan dan penutupan katup, serta besarnya pengangkatan katup dari dudukannya.

2. Penggerak *Cam*

Sumbu nok berputar sesuai dengan putaran dari poros engkol. Putaran dari sumbu nok setengah dari putaran poros engkol, sesuai dengan sistem kerja motor empat langkah. Metode yang menggerakkan poros *cam* ada berbagai macam, diantaranya menggunakan *timing gear*, *timing chain*, dan *timing belt*.

a. Model *Timing Gear*

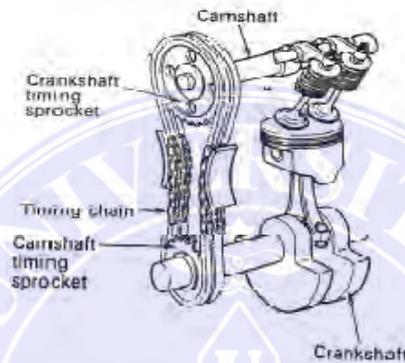
Model *timing gear* biasanya digunakan untuk mekanisme katup jenis OHV (*Over Head Valve*). Model ini biasanya letak ari sumbu nok dekat dengan poros engkol. *Timing gear* biasanya menimbulkan bunyi yang keras dibanding dengan menggunakan rantai. Mesin yang menggunakan model ini jarang dipakai pada waktu yang modern ini (Toyota, 1996).



Gambar 2.9. *Timing Gear*
(toyota, 1996)

b. Model *Timing Chain*

Model *timing chain* digunakan pada mekanisme katup OHC. Sumbu nok terletak di kepala silinder dengan digerakkan menggunakan rantai dan gigi *sprocket*. Tegangan rantai diatur oleh *tensioner*. *Chain vibration* (getaran rantai) dicegah oleh *chain vibration damper*. Sumbu nok digerakkan oleh rantai dan hanya sedikit menimbulkan bunyi (Toyota, 1996).



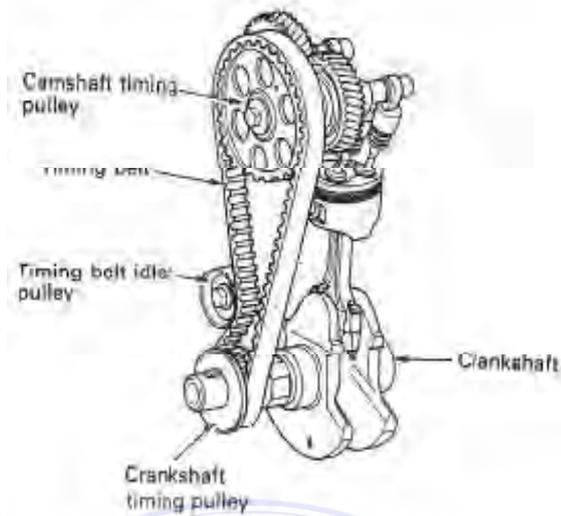
Gambar 2.10. *Timing Chain*

(Toyota, 1996)

c. Model *Timing Belt*

Pada model ini sumbu nok digerakkan oleh sabuk yang bergigi sebagai pengganti dari *timing chain*, sehingga sedikit menimbulkan bunyi dibandingkan model *timing chain*. Kelebihan lain dari *timing belt* lebih ringan dibanding model lainnya. Oleh karena itu model ini banyak digunakan.

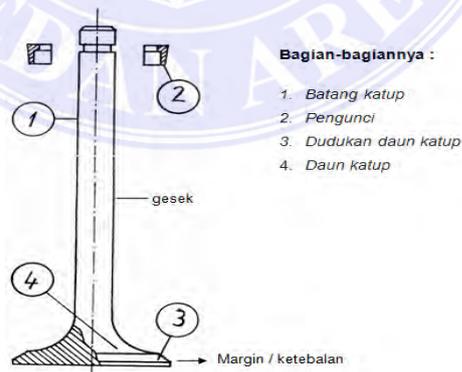
Belt terbuat dari *fiberglass* yang diperkuat oleh karet sehingga mempunyai daya regang yang baik dan hanya mempunyai penguluran yang kecil bila terjadi panas (Toyota, 1996).



Gambar 2.11. *Timing Belt*
(Toyota, 1996)

3. Katup

Katup merupakan bagian utama dari mekanisme katup yang menjadi saluran masuk campuran udara dan bahan bakar dan saluran buang untuk gas sisa pembakaran. Katup juga diharuskan mampu menutup rapat saat langkah kompresi.

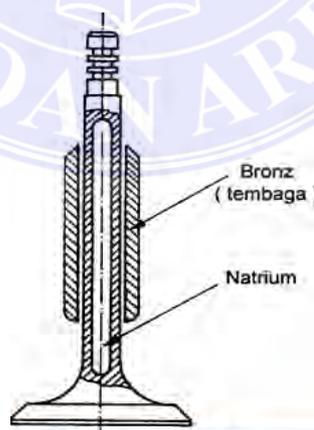


Gambar 2.12. Bagian dari Katup
(PPPPTK/VEDC Malang, 2000)

Katup harus kuat menerima pembebanan pada ujung batang katup dari pelatuk atau dari *cam*, dan harus kuat pada batang katup karena menerima keausan saat bekerja. Daun harus kuat dari tumbukan dan harus dapat menahan panas dengan suhu $\pm 800^{\circ}\text{C}$.

Konstruksi dari katup hisap adalah daun katup hisap dibuat lebih besar dengan tujuan untuk memperbaiki sistem pengisian campuran bahan bakar dan udara. Sedangkan daun katup buang dibuat lebih kecil dengan tujuan mempercepat laju pembuangan dari gas bekas pembakaran, katup terbuat dari baja krom dan silikon, pada bagian ujung batang dan katup diperkeras untuk mengurangi atau memperkecil keausan.

Konstruksi dari katup buang adalah batang katup buang dibuat agar dapat memperlancar luncuran, katup dibuat agar mampu menahan panas yang tinggi $\pm 800^{\circ}\text{C}$. Pada sebuah merek mobil tertentu misal Mercedes, katup buang diisi dengan natrium yang dapat menurunkan panas dari daun katup ke batang katup (PPPPTK/VEDC Malang, 2000).



Gambar 2.13. Katup dengan Natrium

(PPPPTK/VEDC Malang, 2000)

4. Pelatuk

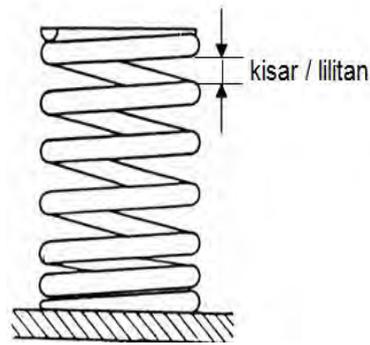
Pelatuk bekerja untuk menekan batang katup agar membuka melawan gaya pegas. Pelatuk akan menekan ketika tonjolan poros *cam* mengenai pelatuk. Ketika tonjolan pada poros *cam* tidak menyentuh katup maka posisi katup dalam keadaan tertutup. Perkembangan pelatuk pada sisi sentuhnya dipasang *roller* agar pengangkatan katup lebih cepat dan ringan karena rol dapat berputar sehingga dapat meningkatkan efektivitas kerja mekanik katup (Hidayat, 2010).



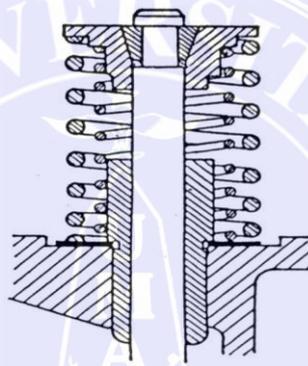
Gambar 2.14. Pelatuk
(Hidayat, 2012)

5. Pegas

Pegas berfungsi untuk mengatur agar katup rapat dengan dudukannya dan sebagai pengembali katup. Pegas katup ada yang menggunakan tunggal dan ada yang menggunakan ganda.



Gambar 2.15. Pegas katup Tunggal
(PPPPTK/VEDC Malang, 2000)



Gambar 2.16. Pegas Katup Ganda
(PPPPTK/VEDC Malang, 2000)

Pegas katup tunggal mempunyai jarak kisar yang berbeda yang berfungsi untuk mengurangi getaran. Pegas katup ganda mempunyai keunggulan saat pegas katup patah maka katup tidak akan masuk ke ruang bakar karena masih mempunyai pegas cadangan dan pegas katup ganda juga mempunyai frekuensi redam yang berbeda antara pegas sehingga dapat meredap getaran katup.

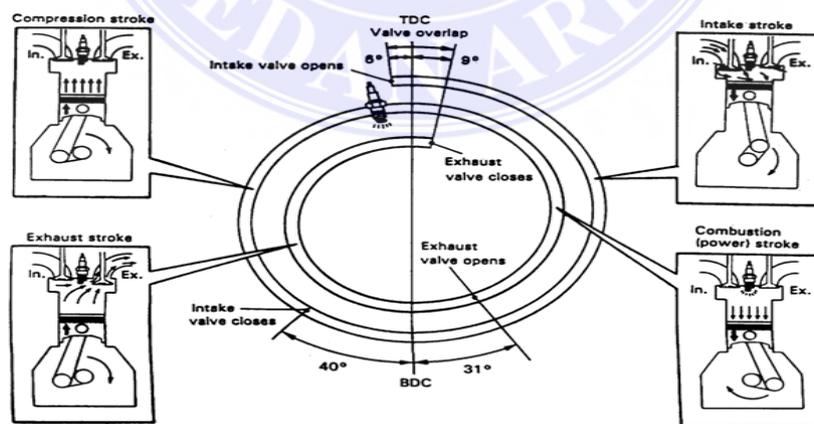
Pegas katup yang lemah akan berakibat katup tidak akan menutup rapat dan pada putaran tinggi katup meloncat-lonca. Sehingga tenaga mesin akan berkurang dan juga akibat yang fatal adalah rusaknya komponen seperti katup atau torak karena bertabrakan. Pegas katup yang kuat akan berakibat keausan pada penggerak

katup akan lebih besar dan tuas-tuas katup bisa patah (PPPPTK/VEDC Malang, 2000).

2.4.2. Overlap katup

Selama langkah pembuangan dan pemasukan, terdapat sudut overlapping pada katup pemasukan dan katup pembuangan yang keduanya terbuka. Sudut *Overlapping Valve Timing* untuk membantu pembuangan sisa gas keluar ketika campuran gas baru masuk kedalam ruang pembakaran. Proses ini membantu pembuangan secara lengkap dan pemasukan gas baru (bahan bakar dan udara) yang efektif dan juga untuk menghasilkan tenaga yang baik.

Penyetelan katup juga mempunyai pengaruh terhadap sudut overlapping katup, bila celah terlalu rapat maka sudut overlapping katup yang dibentuk semakin besar, bila celah katup terlalu renggang maka sudut overlapping terlalu kecil sehingga proses pemasukan bahan bakar, pengeluaran gas sisa pembakaran dan proses pembilasan tidak optimal.



Gambar 2.17. Diagram Katup

2.5. Prestasi Mesin

Performance atau prestasi mesin bisa diketahui dengan menganalisis parameternya seperti daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, tekanan efektif rata-rata, dan efisiensi dari mesin tersebut. Parameter yang menjadi pedoman praktis prestasi sebuah mesin adalah sebagai berikut :

2.5.1. Volume Langkah dan Volume Ruang Bakar

Volume langkah adalah volume ketika torak bergerak dari TMA ke TMB disebut juga volume displacement dari mesin. Volume mesin satu silinder dihitung dengan rumus :

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} L$$

Volume langkah dengan N jumlah silinder adalah :

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} L \times N$$

Volume ruang bakar atau clearance volume adalah V_c dimana :

$$V_c = V_1 / r - 1$$

Dimana, V_1 : Volume langkah (cm^3)

V_c : Volume ruang bakar (cm^3)

r : Perbandingan kompresi

2.5.2. Perbandingan Kompresi

Perbandingan kompresi (r) adalah menunjukkan seberapa banyak campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder pada langkah hisap dan dimampatkan pada langkah kompresi.

Perbandingannya adalah antara volume langkah dan volume ruang bakar ($V_1 + V_c$) yaitu pada posisi piston di TMB, dengan volume ruang bakar (V_c) yaitu pada posisi piston di TMA, dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$r = V_c + V_1 / V_c$$

dimana, r : Perbandingan kompresi

V_c : Volume ruang bakar (cm^3)

V_1 : Volume langkah (cm^3)

Dari rumus efisiensi termal dapat dilihat bahwa dengan menaikkan rasio kompresi akan menaikkan efisiensi, dengan kata lain tekanan pembakaran bertambah dan mesin akan menghasilkan daya berguna yang lebih besar. Akan tetapi, kenaikan tekanan pembakaran di dalam silinder dibarengi dengan kenaikan temperatur pembakaran dan ini menyebabkan pembakaran awal, peristiwa ini disebut dengan knocking yang menyebabkan daya mesin turun.

Pada mesin diesel rasio kompresi lebih tinggi dibandingkan dengan mesin bensin. Rasio kompresi semakin tinggi pada mesin diesel dibarengi dengan kenaikan efisiensi. Kenaikan rasio kompresi akan menaikkan tekanan pembakaran, kondisi ini akan memerlukan material yang kuat sehingga bisa menahan tekanan dengan temperatur tinggi. Material yang mempunyai kualitas tinggi harus dibuat

dengan teknologi tinggi dan harganya mahal, sehingga secara keseluruhan menjadi tidak efektif.

2.5.3. Tekanan Indikator Rata-Rata (P_i)

Adalah besarnya rata-rata tekanan yang dihasilkan dari pembakaran campuran bahan bakar. (Petrovsky,1995)

$$P_i = Q \cdot P_{it}$$

Dimana :

Q : Faktor koreksi

P_{it} : Tekanan indikator rata-rata teoritis (Kg/cm^2)

2.5.4. Daya Indikator

Adalah besar rata-rata daya yang dihasilkan oleh mesin yang bersifat teoritis. (Kovach,1997)

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_l \cdot N \cdot Z}{60.000} \quad , \text{ untuk motor bakar 2 langkah}$$

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_l \cdot N \cdot Z}{120.000} \quad , \text{ untuk motor bakar 4 langkah}$$

Dimana :

P_i : Tekanan efektif rata-rata indikator (Pa)

V_l : Volume langkah (m^3) = $0,785 \cdot D^2 \cdot L$

D : Diameter silinder (m)

L : Panjang langkah (m)

N : Putaran mesin (Rpm)

2.5.5. Daya Break (N_b)

Daya break adalah daya yang dihasilkan poros. Daya break ini disebut juga daya poros. Daya break lebih kecil dari daya indikator karena adanya kerugian gesekan.

$$N_i = N_b + N_f$$

Dimana, N_f = Daya gesekan

Untuk menentukan daya break dapat diperoleh dengan alat dynamometer :

$$N_b = T \cdot \omega$$

Dimana, T = Torsi poros (Nm)

ω = Kecepatan sudut (rad/dtk)

$$= \frac{T \cdot 2\pi \cdot N}{60}$$

$$\text{Maka : } N_b = \frac{T \cdot 2\pi \cdot N}{60} \quad (\text{Watt})$$

$$= \frac{T \cdot 2\pi \cdot N}{60.000} \quad (\text{kW})$$

$$= \frac{T \cdot N}{9554,14} \quad (\text{kW})$$

Atau daya break dapat dihitung juga dengan rumus :

$$N_b = \frac{P_b \cdot V_t \cdot N \cdot Z}{60.000} \quad \text{untuk motor bakar 2 langkah}$$

$$N_b = \frac{P_b \cdot V_t \cdot N \cdot Z}{120.000} \quad \text{untuk motor bakar 4 langkah}$$

2.5.6. Efisiensi Mekanis

Efisiensi mekanis adalah perbandingan antara daya break dengan daya indikator (Basyirun,2008).

$$\eta_m = \frac{N_b}{N_i}$$

dimana, η_m : Efisiensi mekanis

N_b : Daya break (kW)

N_i : Daya indikator (kW)

2.5.7. Efisiensi Termal Indikator

Efisiensi termal indikator didefinisikan perbandingan antara daya indikator dengan daya input dari bahan bakar.

$$\eta_i = N_i / \dot{m}_f \cdot \text{LHV}$$

dimana, η_i : Efisiensi termal indikator

\dot{m}_f : Laju aliran bahan bakar (Kg/s)

LHV : Nilai kalor bahan bakar (Kj/Kg)

2.5.8. Efisiensi Termal Break

Sama dengan efisiensi termal indikator, dimana N_i ganti dengan N_b , maka :

$$\eta_b = N_b / \dot{m}_f \cdot \text{LHV}$$

dimana, η_b : Efisiensi termal break

\dot{m}_f : Laju aliran bahan bakar (Kg/s)

LHV : Nilai kalor bahan bakar (Kj/Kg)

2.5.9. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Indikator

Konsumsi bahan bakar spesifik indikator adalah jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu dengan rumus sebagai berikut :

$$i_{sfc} = \dot{m}_f / N_i \quad (\text{Kg/kW jam})$$

dimana, \dot{m}_f : Laju aliran bahan bakar (Kg/s)

N_i : Daya indikator (kW)

2.5.10. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Break

$$b_{sfc} = \dot{m}_f / N_b \quad (\text{Kg/kW jam})$$

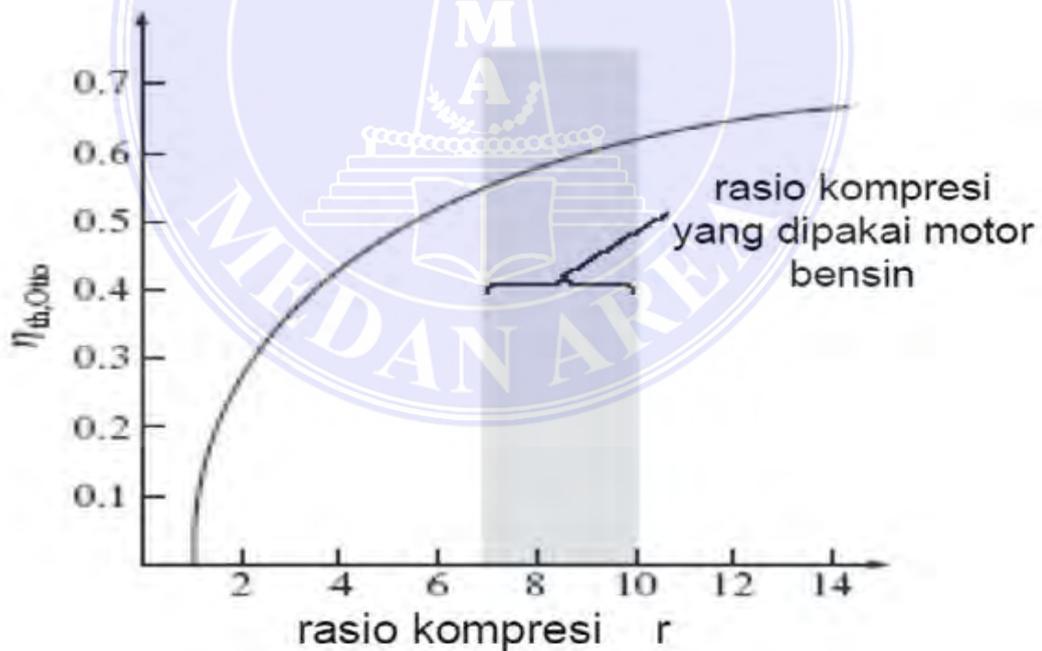
dimana, \dot{m}_f : Laju aliran bahan bakar (Kg/s)

N_b : Daya break (kW)

2.5.11. Efisiensi Volumetrik

Efisiensi volumetrik didefinisikan perbandingan antara volume sebenarnya dengan volume teoritis.

$$\eta_v = V_s / V_t$$



Gambar 2.18. Grafik efisiensi terhadap rasio kompresi mesin otto

(Rahmat Doni Widodo, 2008:19)

Dapat dilihat dari Gambar 9, bahwa efisiensi siklus otto akan naik apabila kita menaikkan rasio kompresinya yaitu dari 6 – 12 HP (Rahmat Doni Widodo, 2008:19). Kenaikan rasio kompresi mesin otto dibatasi oleh peristiwa *knocking*, yaitu suara berisik karena terjadi ledakan dari pembakaran spontan dari mesin otto. Karena *knocking* daya menjadi turun sehingga efisiensi pun menurun.

2.6. Efisiensi Mesin

Setiap proses memerlukan energi, menghasilkan kerja untuk melakukan proses, kemudian ada energi yang harus dibuang. Seperti manusia yang harus makan untuk melakukan aktifitas kerja, selanjutnya secara alamiah harus ada yang dibuang. Apabila proses ini tidak berjalan semestinya, manusia dinyatakan dalam keadaan sakit dan tidak bisa melakukan kerja. Dalam kondisi ini seandainya manusia adalah mesin maka manusia dalam keadaan rusak.

Konsep efisiensi menjelaskan bahwa perbandingan antar energi berguna dengan energi yang masuk secara alamiah tidak pernah mencapai 100%.

2.7. Emisi gas buang

Pembakaran terjadi apabila ada tiga komponen yang bereaksi yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Jika salah satu dari ketiga komponen itu tidak ada maka tidak akan terjadi reaksi pembakaran.

Proses pembakaran pada motor baik bensin maupun diesel ada dua macam yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pada pembakaran sempurna diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1 dimana untuk membakar 1 gram

bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 gram oksigen (campuran stoikiometri) dan perbandingan campuran ini disebut *Air Fuel Ratio* (ARF). Sedangkan, pada pembakaran tidak sempurna terjadi apabila perbandingan suatu campuran lebih rendah atau lebih tinggi dari pada perbandingan teoritisnya, sehingga kerugian panas dalam motor menjadi besar dan efisiensinya menurun.

2.8. Proses Terbentuknya Gas Buang

2.8.1. Hidrokarbon (HC)

Hidro karbon adalah bahan bakar yang tidak terbakar selama proses pembakaran di dalam ruang bakar. Adapun beberapa sumber dari emisi hidrokarbon adalah rasio udara bahan bakar tidak stoikiometri, pembakaran tidak sempurna, deposit karbon pada dinding ruang bakar dan minyak yang terdapat pada dinding ruang bakar. Karena HC merupakan sebagian bensin yang tidak terbakar, makin tinggi emisi HC berarti tenaga mesin semakin berkurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat.

2.8.2. Karbon Monoksida (CO)

Emisi karbon monoksida (CO) pada motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara/bahan bakar. CO dihasilkan ketika motor beroperasi dengan rasio udara/bahan bakar kaya. Ketika oksigen yang tersedia tidak cukup untuk mengubah seluruh karbon menjadi karbon dioksida (CO₂), beberapa bahan bakar tidak terbakar dan beberapa karbon berakhir sebagai CO.

2.8.3. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen Oksida (NO_x), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. Pada temperatur tinggi (>1370 °C), Nitrogen bersatu dengan campuran bahan bakar dan membentuk senyawa NO_x. Motor dengan pembakaran miskin cenderung beroperasi pada temperatur lebih tinggi yang dengan demikian akan menghasilkan NO_x.

2.8.4. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida merupakan hasil pembakaran yang diinginkan pada proses pembakaran, karena pada umumnya semakin tinggi CO₂ yang diperoleh maka semakin efisien operasi motor. Sebaliknya semakin rendah kadar CO₂ menandakan bahwa efisiensi pembakaran tidak bagus dan berarti pula kinerja mesin tidak bagus. Akibatnya gas buang CO dan HC berlebih dan konsumsi bahan bakar meningkat (Setiawan dan Romy,2014)

2.8.5. Oksigen (O₂)

Pembakaran yang tidak sempurna dalam mesin menyisakan oksigen keudara. Oksigen yang tersisa ini semakin kecil bila mana pembakaran terjadi makin sempurna.

2.8.6. Plumbum/Timbal (Pb)

Timah hitam dalam bensin tidak bereaksi dalam proses pembakaran sehingga setelah pembakaran akan keluar tetap sebagai timah hitam (Pb).

2.8.7. Nitrogen (N₂)

Udara yang digunakan untuk pembakaran dalam mesin, sebagian besar terdiri dari inert gas, yaitu N₂. Pada saat terjadi pembakaran, sebagian kecil N₂ akan bereaksi dengan O₂ membentuk NO₂, sebagian besar lainnya tetap berupa N₂ hingga keluar dari mesin.

2.8.8. Air (H₂O)

H₂O merupakan hasil reaksi pembakaran dalam ruang bakar, di mana kadar air yang dihasilkan tergantung dari mutu bahan bakar. Makin banyak uap air dalam pipa gas buang, mengindikasikan pembakaran semakin baik. Semakin besar uap air yang dihasilkan, pipa knalpot tetap kelihatan bersih dan ini sekaligus menunjukkan makin bersih emisi yang dihasilkan.

2.8.9. Nilai AFR dan Lambda

Emisi gas buang sangat tergantung pada perbandingan campuran bahan bakar dengan udara, jadi untuk mengetahui kadar emisi gas buang maka alat uji emisi dilengkapi dengan pengukur nilai λ (lambda) atau AFR (air-fuel ratio) yang dapat mengindikasikan campuran tersebut.

Teori stoichiometric menyatakan, untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 gram oksigen. Dengan kata lain, perbandingan campuran ideal = 14,7 : 1. Perbandingan campuran ini disebut AFR atau perbandingan udara dan bensin (bahan bakar).

Hubungan antara AFR dengan gas buang, diasumsikan mesin dalam kondisi normal dengan kecepatan konstan, pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat NOx meningkat, sebaliknya AFR kaya NOx menurun tetapi CO dan HC meningkat. Hal ini berarti pada mesin bensin sangat sulit untuk mencari upaya penurunan emisi CO, HC dan NOx pada waktu bersamaan, apalagi dengan mengubah campurannya saja. Jadi pada dasarnya campuran bahan bakar dengan udara itu harus selalu mendekati 1 untuk menjaga dari emisi gas buang yang tinggi selain itu juga mudah untuk perawatan dan pemeliharaan mesinnya.

2.9. Mesin Tipe G15A

PT.Suzuki Indomobil Motor (SIM) dan PT.Suzuki Indomobil Sales (SIS) meluncurkan mesin tipe G15A sejak tahun 2004 hingga saat ini pada mobil Suzuki APV. Mesin tipe G15A ini berkapasitas 1500cc, 4-cylinder, 16-valve, sudah memenuhi Emission Control standart Euro II yang ramah lingkungan, hemat bahan bakar namun tetap bertenaga di jalan lurus maupun tanjakan.

Selain itu di Suzuki mesin tipe G15A ini paling banyak digunakan pada mobil, mulai dari mobil keluarga, angkutan umum dan angkutan barang (pick-up). Berikut yang merupakan mobil dengan mesin G15A :



Gambar 2.19. Mobil Keluarga (Suzuki APV)



Gambar 2.20. Angkutan Umum (Suzuki Carry dan Apv)



Gambar 2.21. Angkutan Barang (Suzuki Carry)

a. Spesifikasi Mesin G15A

Specification

APV Arena

			GL	GX-MT	GX-AT	SGX-MT	SGX-AT
DIMENSIONS							
Overall length	(mm)		4.230				
Overall width	(mm)		1.655				
Overall height	(mm)		1.860				
Wheelbase	(mm)		2.625				
Trade	Front	(mm)	1.435				
	Rear	(mm)	1.435				
Minimum ground clearance (mm)			175				
Minimum turning radius (m)			4.9				
WEIGHT							
Curb weight	(kg)		1.250 - 1.320				
Gross vehicle weight (kg)			1.950				
CAPACITIES							
Seating capacity	(person)		8			7	
Gross vehicle weight (litres)			46				
ENGINES							
Type			G15A				

Number of cylinders	4
Number of valves	16
Piston displacement (cc)	1.493
Bore x stroke (mm)	75.0 x 84.5
Compression ratio	9.5 : 1
Maximum output (PS/rpm)	99 / 6000
Maximum torque (Nm/rpm)	126 / 3000
Fuel distributions	Multi Point Injection

TRANSMISSION

Type	5-speed MT	4-speed AT	5-speed AT	4-speed AT	
Gear ratios	1 st	4.545	2.826	4.545	2.826
	2 nd	2.628	1.493	2.628	1.493
	3 rd	1.865	1.000	1.865	1.000
	4 th	1.241	0.730	1.241	0.730
	5 th	1.000	-	1.000	-
	Reverse	4.431	2.703	4.431	2.703
	Final	4.300	5.375	4.300	5.375

STEERING

Type	Rack & Pinion
Power steering	•

SUSPENSION			
Front		Mac Pherson Strut & Coil Spring	
Rear		3 – Link rigid axle with Coil Springs	
BRAKE			
Front		Vemtilated Disc	
Rear		Leading & Trailing Drum	
TIRES & WHEELS			
Types (Front & Rear)		185/80 R14	195 / 65 R15
Wheels		Alloy 14”	Alloy 15”
SAFETY AND SECURITY			
Seatbelts 3 point ELR	Front		•
			With height adjusters
	2 nd Row	-	•
	3 rd Row	-	•
Side impact beam			•
Keyless entry		-	•

Tabel 2.1. Spesifikasi Mesin G15A

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. WAKTU DAN TEMPAT

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 - 13 September 2018 pukul 08.30 sampai 16.30 di PT.Trans Sumatera Agung II dan Dinas Perhubungan.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Metode Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku – buku yang akan dijadikan sebagai referensi seperti : Manual Book dan sebagainya.

2. Metode Studi Lapangan

Metode ini dilakukan dengan pengamatan langsung dan mengumpulkan data data yang diperlukan sebagai parameter.

3. Metode Pengolahan dan Analisa Data

Metode ini dilakukan untuk mengolah data yang diperoleh dan melakukan analisa dari hasil pengolahan yang didapat.

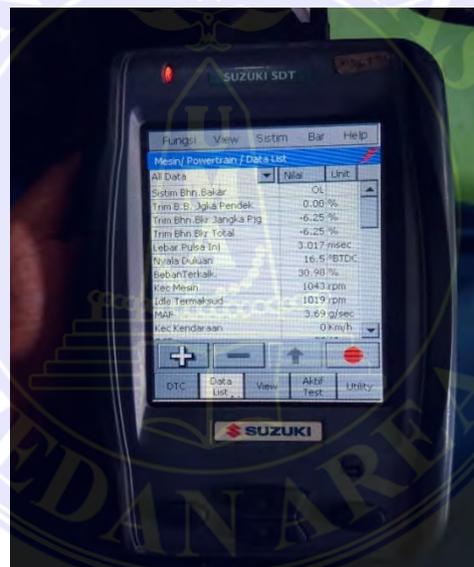
3.2. ALAT DAN BAHAN



Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.2.1. Suzuki Diagnosa Tool (SDT)

Ketika terjadi kesalahan pada salah satu komponen di sistem elektronik mobil, biasanya ditandai dengan menyalnya lampu indikator di panel instrument, maka digunakanlah alat SDT ini untuk membaca kesalahan yang terjadi pada sistem di mobil. SDT ini bukan hanya untuk membaca kesalahan pada sistem elektrik mobil saja namun lebih dari itu. Alat ini juga dapat berfungsi untuk cek data list parameter mesin, mendaftarkan anak kunci immobilizer, untuk mengtest beberapa aktuator pada mesin, dan lain-lain.



Gambar 3.1. Suzuki Diagnosa Tool (SDT)

3.2.2. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah peralatan laboratorium umum yang digunakan untuk mengukur volume cairan. Alat ini memiliki bentuk silinder dan tiap garis penanda pada gelas ukur mewakili jumlah cairan yang telah terukur. Pada laporan ini gelas ukur ini digunakan untuk pemakaian jumlah bahan bakar saat pengambilan data



Gambar 3.2. Gelas Ukur

3.2.3. Stopwacht

Digunakan untuk menghitung waktu jumlah bahan bakar yang digunakan saat pengoperasian mesin pada gelas ukur.



Gambar 3.3. Stopwacht

3.2.4. Feeler Gauge

Feeler gauge atau Thickness gauge digunakan untuk mengukur celah katup.



Gambar 3.4. Feeler Gauge

3.2.5. Tool Box

Digunakan untuk membuka dan memasang komponen saat pengerjaan.



Gambar 3.5. Toolbox

3.2.6. Compression Gauge

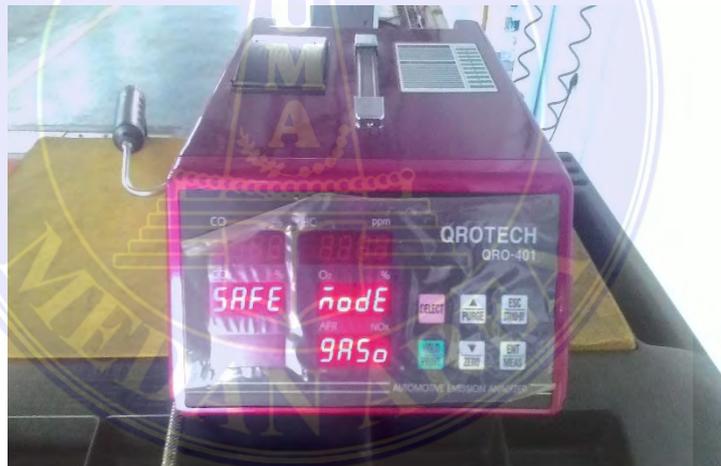
Alat ini digunakan untuk mengukur tekanan dalam silinder.



Gambar 3.6. Compression Gauge

3.2.7. Automotive Emission Analyzer

Alat ini digunakan untuk menganalisa senyawa kadar emisi gas buang.



Gambar 3.7. Automotive Emission Analyzer

Spesifikasi :

AUTOMOTIVE EMISSION ANALYZER MADE IN KOREA

MODEL NO : QRO-401

MEASURING RANGE	CO : 0.00 ~ 9.99%	HC : 0 ~ 9999ppm
	CO₂ : 0.0 ~ 20.0%	O₂ : 0.00 ~ 25.00%
	λ : 0 ~ 2.000	AFR : 0.0 ~ 99.0

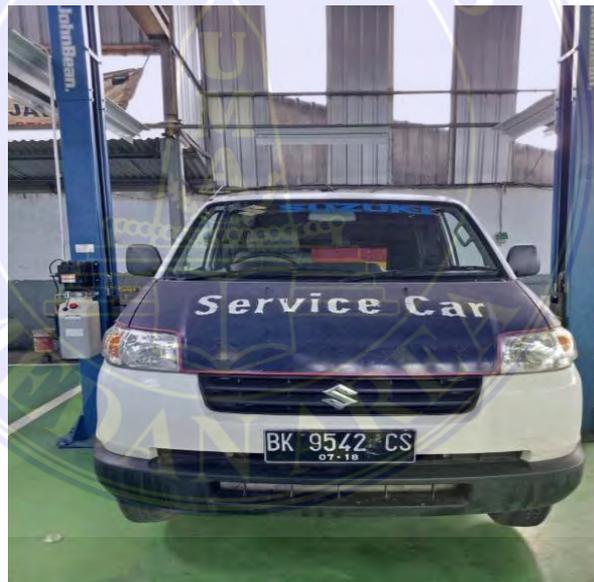
OPERATION TEMP 0 ~ 40°C

POWER SOURCE AC220V 50/60Hz ± 10%

SERIAL NO : 417J602

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

3.2.8. Mobil APV



Gambar 3.8. Mobil APV

Specification

ENGINES		
Type		G15A
Number of cylinders		4
Number of valves		16
Piston displacement (cc)		1.493
Bore x stroke (mm)		75.0 x 84.5
Compression ratio		9.5 : 1
Maximum output (PS/rpm)		99 / 6000
Maximum torque (Nm/rpm)		126 / 3000
Fuel distributions		Multi Point Injection

3.3. Tahap Pengambilan Data

Berikut tahap pengambilan data terhadap konsumsi bahan bakar :

1. Menurunkan tangki kendaraan dengan tujuan menguras habis isi bahan bakar dalam tangki.
2. Sebelum penyetelan katup, hidupkan terlebih dahulu kendaraan sampai suhu kerja optimal $\pm 86^{\circ}\text{C}$. Dengan tujuan agar pada saat sudah dilakukan penyetelan katup tidak akan berubah lagi.
3. Membuka cover head cylinder, kemudian piston dalam kondisi pada TDC pada piston 1 dan piston 4.

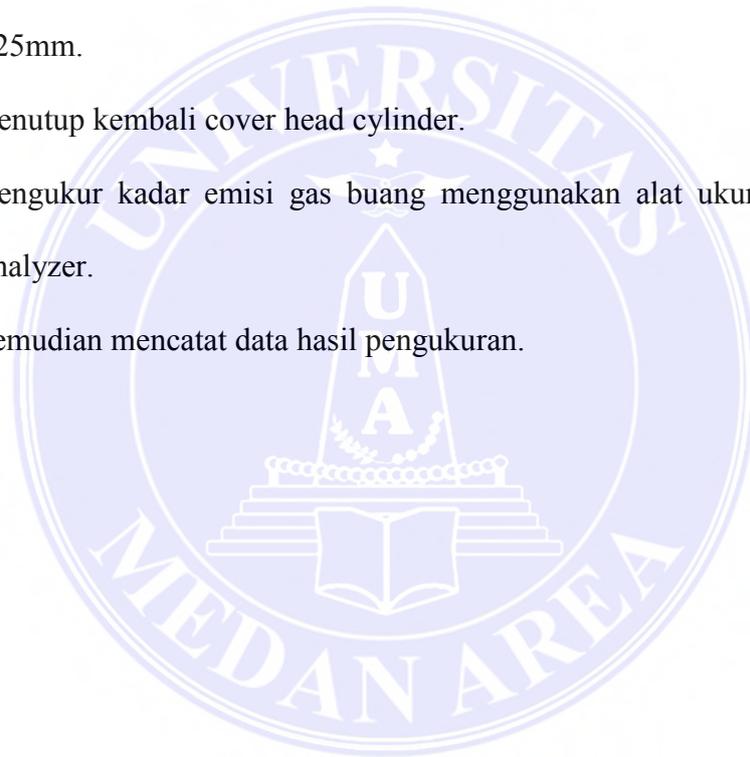
4. Menyetel katup masuk untuk penyetelan 0,10mm, 0,15mm, 0,20mm dan 0,25mm.
5. Menutup kembali cover head cylinder.
6. Isi kedalam tanki bahan bakar 500ml, kemudian melakukan pengujian kendaraan pada 1000 Rpm, 1500 Rpm, 2000 Rpm dan 2500 Rpm dengan menggunakan SDT (Suzuki Diagnosa Tool).
7. Kemudian melakukan pengamatan dan pengambilan data konsumsi bahan bakar dalam waktu tiap 5 menit.

Berikut tahap pengambilan data terhadap tekanan di dalam silinder :

1. Sebelum penyetelan katup, hidupkan terlebih dahulu kendaraan sampai suhu kerja optimal $\pm 86^{\circ}\text{C}$. Dengan tujuan agar pada saat sudah dilakukan penyetelan katup tidak akan berubah lagi.
2. Membuka cover head cylinder, kemudian piston dalam kondisi pada TDC pada piston 1 dan piston 4.
3. Menyetel katup masuk untuk penyetelan 0,10mm, 0,15mm, 0,20mm dan 0,25mm.
4. Menutup kembali cover head cylinder.
5. Mengukur tekanan silinder menggunakan alat compression gauge.
6. Kemudian mencatat data hasil pengukuran.

Berikut tahap pengambiln data terhadap emisi gas buang :

1. Sebelum penyetelan katup, hidupkan terlebih dahulu kendaraan sampai suhu kerja optimal $\pm 86^{\circ}\text{C}$. Dengan tujuan agar pada saat sudah dilakukan penyetelan katup tidak akan berubah lagi.
2. Membuka cover head cylinder, kemudian piston dalam kondisi pada TDC pada piston 1 dan piston 4.
3. Menyetel katup masuk untuk penyetelan 0,10mm, 0,15mm, 0,20mm dan 0,25mm.
4. Menutup kembali cover head cylinder.
5. Mengukur kadar emisi gas buang menggunakan alat ukur Gas Emission Analyzer.
6. Kemudian mencatat data hasil pengukuran.



3.4. DIAGRAM ALIR PENELITIAN

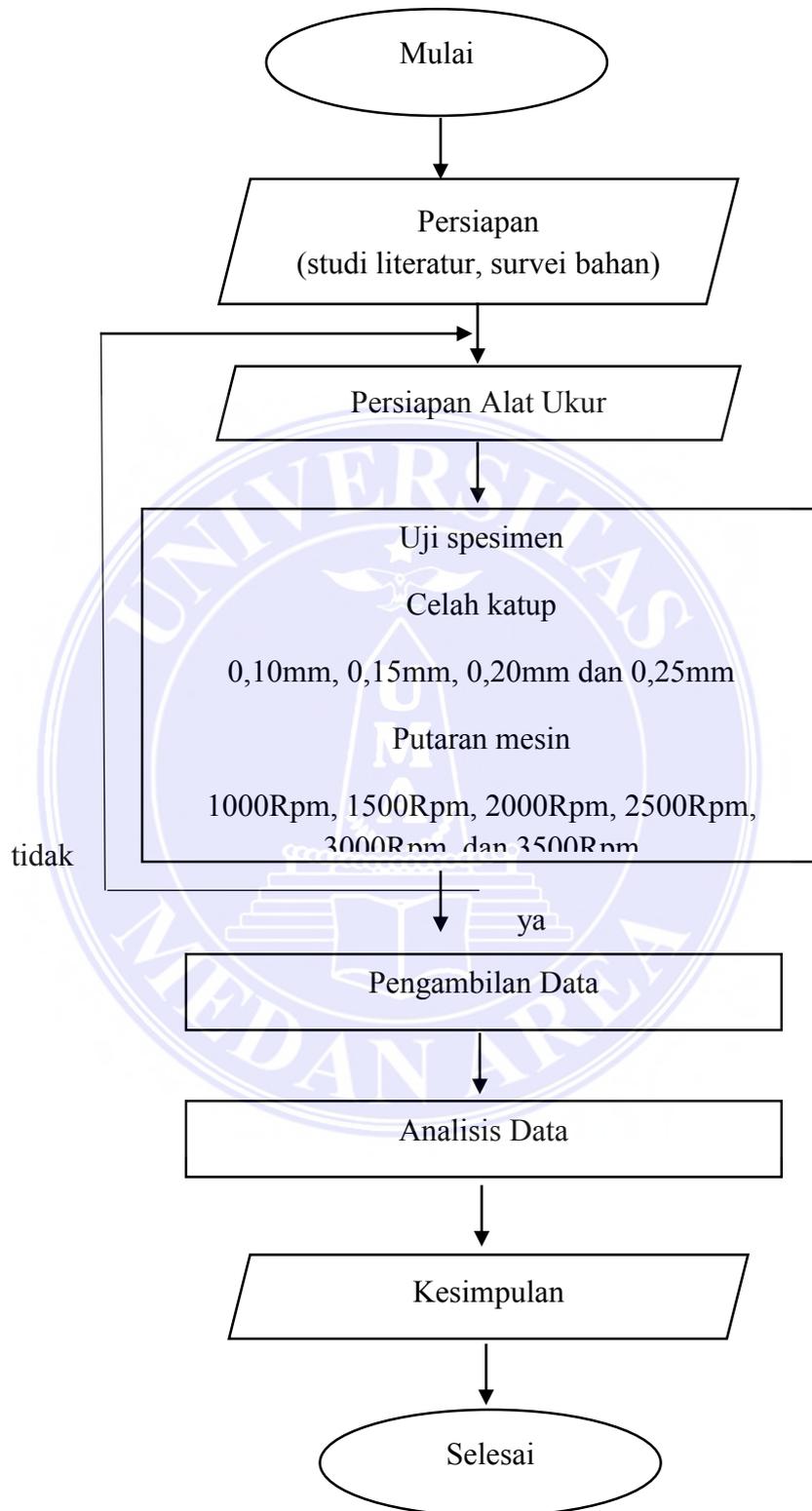


Diagram 3.1. Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

4.1.1 Konsumsi Bahan Bakar

Data konsumsi bahan bakar 500ml diambil dalam waktu 5 menit.

Tabel 4.1 Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (Rpm)	Celah Katup 0,10mm	Celah Katup 0,15mm	Celah Katup 0,20mm	Celah Katup 0,25mm
1000	150ml	150ml	150ml	150ml
1500	160ml	166ml	170ml	170ml
2000	176ml	180ml	190ml	210ml
2500	206ml	210ml	216ml	220ml
3000	214ml	222ml	230ml	236ml
3500	224ml	232ml	238ml	246ml

4.1.2 Tekanan Dalam Silinder

Tabel 4.2 Tekanan Dalam Silinder

Celah Katup Masuk	Tekanan Dalam Silinder				Tekanan Rata-rata (kg/cm ²)	Tekana Rata-rata (Pascal)
	Silinder 1 (kg/cm ²)	Silinder 2 (kg/cm ²)	Silinder 3 (kg/cm ²)	Silinder 4 (kg/cm ²)		
0,10mm	13,9	13,9	13,9	14,1	13,9	1.363.590
0,15mm	14	14,5	14,5	15	14,5	1.422.450
0,20mm	14,5	14,5	14,8	15,2	14,7	1.442.070
0,25mm	14,8	14,5	15	15,5	14,9	1.461.690

4.1.3 Emisi Gas Buang

a. Pada celah katup masuk 0,10mm

Tabel 4.3 Emisi gas buang pada celah katup masuk 0.10mm

Putaran Mesin (Rpm)	Emisi Gas Buang				
	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Air Fuel Ratio
1000	0.04	72	16,8	0,28	14,8
1500	0,14	61	16,9	0,00	14,6
2000	0,03	41	17,0	0,00	14,6
2500	0,04	24	17,1	0,00	14,6
3000	0,06	4	17,0	0,00	14,6
3500	0.06	0	16,7	0,00	14,7

b. Pada celah katup masuk 0,15mm

Tabel 4.4 Emisi gas buang pada celah katup masuk 0,15mm

Putaran Mesin (Rpm)	Emisi Gas Buang				
	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Air Fuel Ratio
1000	0.05	35	17,3	0,00	14,6
1500	0,15	34	17,5	0,00	14,6
2000	0,01	20	17,4	0,00	14,6
2500	0,01	8	17,6	0,00	14,6
3000	0,06	0	17,8	0,00	14,6
3500	0,04	0	17,7	0,00	14,6

c. Pada celah katup masuk 0,20mm

Tabel 4.5 Emisi gas buang pada celah katup masuk 0,20mm

Putaran Mesin (Rpm)	Emisi Gas Buang				
	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Air Fuel Ratio
1000	1,01	226	15,9	0,66	14,5
1500	0,58	141	15,8	0,64	14,7
2000	0,64	114	15,9	0,66	14,7
2500	0,57	81	16,1	0,39	14,6
3000	0,52	48	15,8	0,36	14,7
3500	0,55	26	15,6	0,24	14,7

d. Pada celah katup masuk 0,25mm

Tabel 4.6 Emisi gas buang pada celah katup masuk 0,25mm

Putaran Mesin (Rpm)	Emisi Gas Buang				
	CO (%)	HC (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Air Fuel Ratio
1000	0,44	150	16,8	0,23	14,5
1500	0,36	124	16,7	0,25	14,6
2000	0,24	74	16,7	0,40	14,8
2500	0,08	40	17,1	0,00	14,6
3000	0,04	24	17,1	0,00	14,7
3500	0,04	8	16,9	0,00	14,7

4.2. Hasil

4.2.1. Daya Indikator

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_t \cdot N \cdot Z}{120.000}$$

$$N_i = \frac{1.363.590\text{Pa} \times (0,785 \times 0,075\text{m}^2 \times 0,0845\text{m}) \times 1000 \times 4}{120.000} = 16,95 \text{ kW}$$

Tabel 4.7 Daya Indikator

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	16,95 kW	17,68 kW	17,92 kW	18,17 kW
1500	25,43 kW	26,53 kW	26,89 kW	27,25 kW
2000	33,90 kW	35,37 kW	35,85 kW	36,34 kW
2500	42,38 kW	44,21 kW	44,82 kW	45,43 kW
3000	50,86 kW	53,05 kW	53,78 kW	54,52 kW
3500	59,33 kW	61,89 kW	62,75 kW	63,61 kW

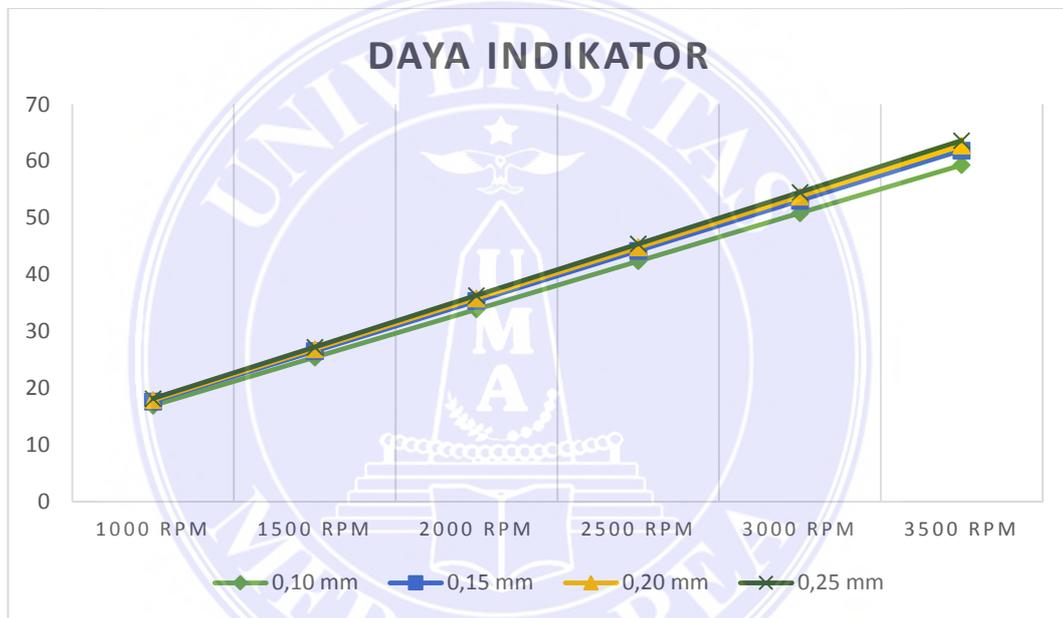


Diagram 4.1 Daya indikator

Dari diagram 4.1 daya indikator, daya indikator terbesar terdapat pada celah katup masuk 0,25 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 63,61 kW dan yang terkecil terdapat pada celah katup 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 16,95 kW.

4.2.2. Daya Break

Dimana Efisien mekanis (η_m) = 80% - 85%, diambil 80% (Tegu Wiranto. dkk, 2012)

$$N_b = \eta_m \times N_i = 0,80 \times 16,95 \text{ kW} = 13,56 \text{ kW}$$

Tabel 4.8 Daya Break

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	13,56 kW	14,14 kW	14,34 kW	14,53 kW
1500	20,54 kW	21,22 kW	21,46 kW	21,80 kW
2000	27,12 kW	28,30 kW	28,68 kW	29,07 kW
2500	33,90 kW	35,37 kW	35,86 kW	36,34 kW
3000	40,69 kW	42,44 kW	43,02 kW	43,62 kW
3500	47,46 kW	49,51 kW	50,20 kW	50,89 kW

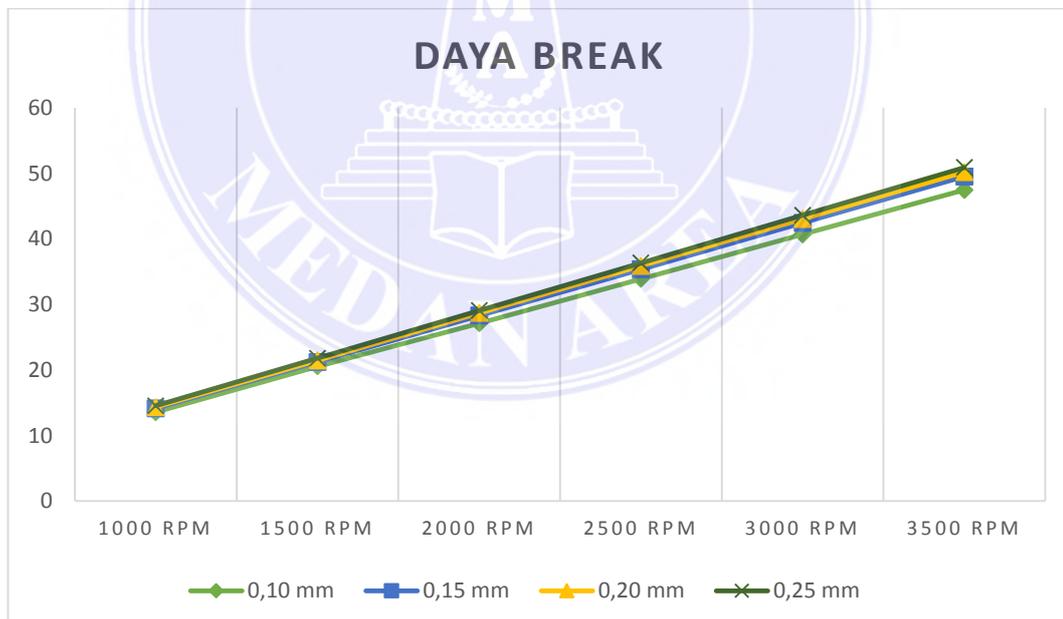


Diagram 4.2 Daya Break

Dari diagram 4.2 daya break, daya break terbesar terdapat pada celah katup masuk 0,25 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 50,89 kW dan daya terkecil terdapat pada celah katup 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 13,56 kW.

4.2.3 Energi Panas Masuk

Dimana nilai kalor bahan bakar (LHV) = 44.585kJ/kg) dan massa jenis bahan bakar (ρ) = 0,71 kg/l - 0,77 kg/l, diambil 0,77 kg/l (Eri Sururi dan Budi Waluyo,ST, 2015).

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{150 \cdot 10^{-3} \text{l}}{300 \text{ s}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{l/s}$$

$$\dot{m}_{bb} = \rho \cdot Q = 0,77 \text{ kg/l} \times 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ l/s} = 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$E_{in} = \dot{m}_{bb} \cdot \text{LHV} = 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} \times 44.585 \text{ kJ/kg} = 16,94 \text{ kW}$$

Tabel 4.9 Energi panas masuk

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	16,94 kW	16,94 kW	16,94 kW	16,94 kW
1500	18,27 kW	18,72 kW	19,17 kW	20,06 kW
2000	20,06 kW	20,50 kW	21,40 kW	24,07 kW
2500	23,63 kW	24,07 kW	24,52 kW	24,96 kW
3000	24,52 kW	25,41 kW	26,30 kW	26,75 kW
3500	25,85 kW	26,30 kW	27,19 kW	28,08 kW

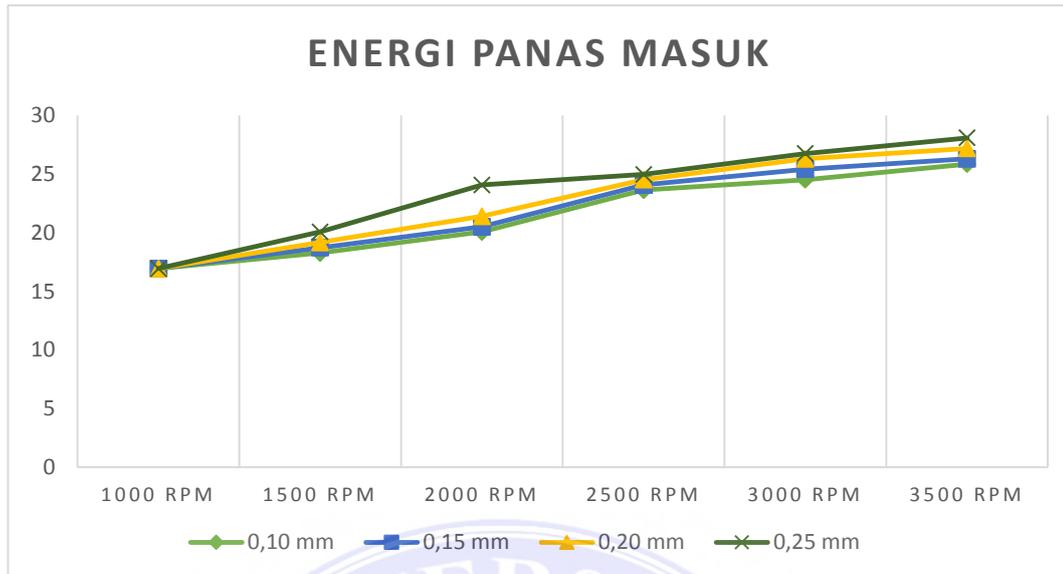


Diagram 4.3 Energi panas masuk

Dari diagram 4.3 energi panas masuk terbesar terdapat pada celah 0,25mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 28,08 kW dan yang terkecil terdapat pada setiap celah katup pada putaran 1000 Rpm sebesar 16,94 kW.

4.2.4 Efisiensi Thermal Break

$$\eta_{tb} = \frac{N_e}{E_{in} \cdot Z} = \frac{1,36 \text{ kW}}{16,94 \text{ kW} \times 4} = 0,2001 = 20,01\%$$

Tabel 4.10 Efisiensi Thermal Break

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	20,01 %	20,86 %	21,16 %	21,44 %
1500	28,11 %	28,34 %	27,97 %	29,11 %
2000	33,80 %	34,51 %	33,50%	35,45 %
2500	35,86 %	36,53 %	36,56 %	37,74 %
3000	41,48 %	41,75 %	40,89 %	40,77 %
3500	45,90 %	47,06 %	46,14 %	45,31 %

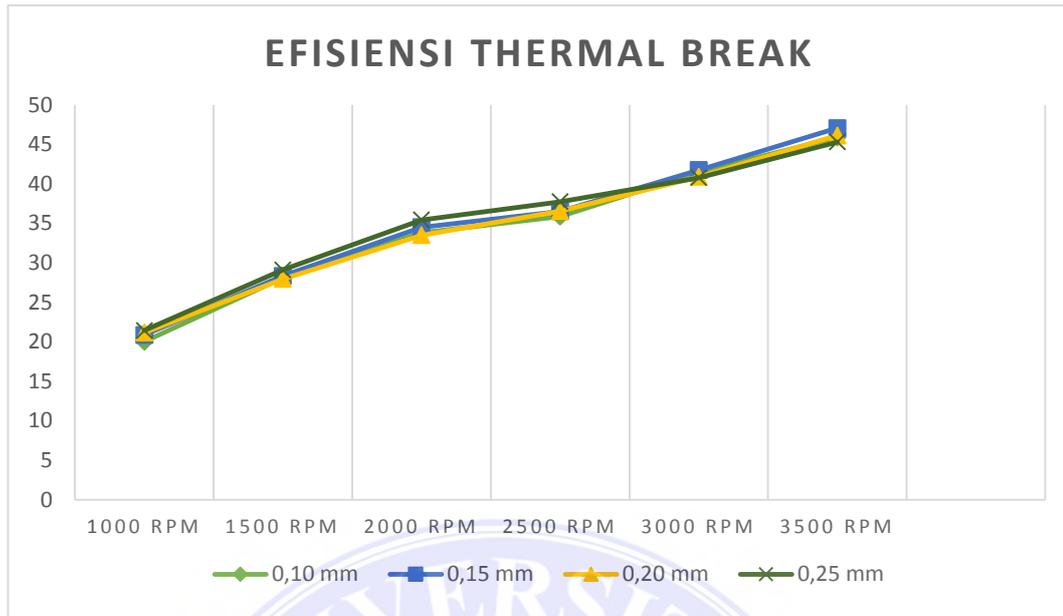


Diagram 4.4 Efisiensi Thermal Break

Dari diagram 4.4 efisiensi thermal break terbesar terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 47,06% dan terkecil terdapat pada celah 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 20,01%.

4.2.5 Konsumsi bahan bakar spesifik break (b_{sfc})

$$b_{sfc} = \frac{\dot{m}_{bb}}{N_e} = \frac{0,38 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}}{13,56 \text{ kW}} = 2,80236 \cdot 10^{-5} \text{ kg/kWs} = 100,88 \text{ g/kWh}$$

Tabel 4.11 Konsumsi bahan bakar spesifik break (b_{sfc})

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	100,88 g/kWh	98,01 g/kWh	96,65 g/kWh	95,38 g/kWh
1500	71,97 g/kWh	72,28 g/kWh	73,19 g/kWh	72,05 g/kWh
2000	59,96 g/kWh	58,77 g/kWh	61,21 g/kWh	66,74 g/kWh
2500	56,14 g/kWh	54,86 g/kWh	55,65 g/kWh	55,93 g/kWh
3000	48,59 g/kWh	48,33 g/kWh	49,40 g/kWh	49,99 g/kWh
3500	43,61 g/kWh	43,29 g/kWh	43,80 g/kWh	44,66 g/kWh

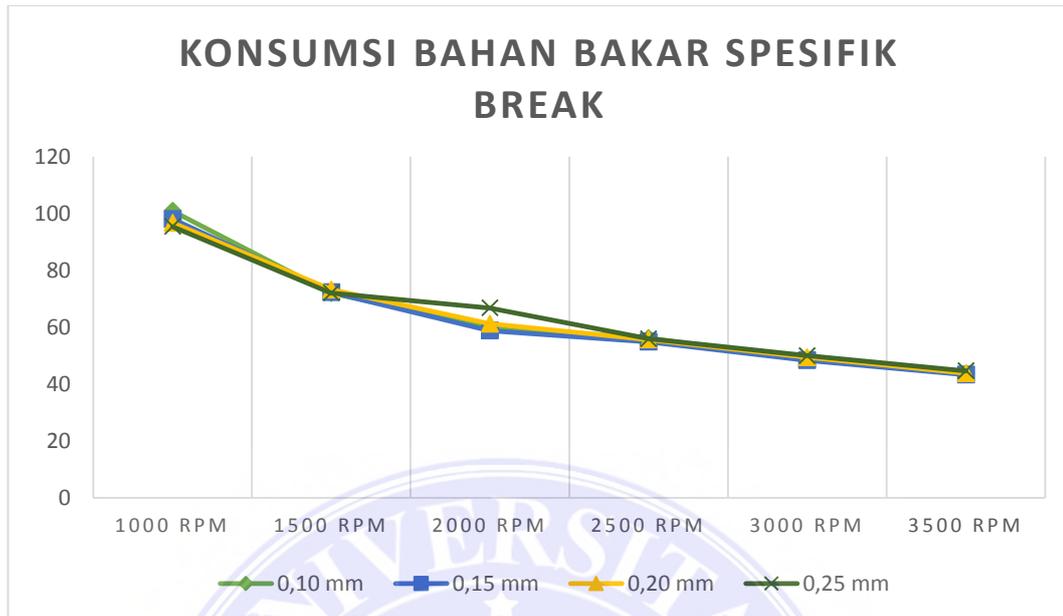


Diagram 4.5 Konsumsi bahan bakar spesifik break

Dari diagram 4.5 konsumsi bahan bakar spesifik break terbesar terdapat pada celah 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 100,88 g/kWh dan terkecil terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 43,29 g/kWh.

4.2.6 Emisi gas Buang

a. Karbon Monoksida (CO)

Tabel 4.12 Emisi gas buang Karbon Monoksida (CO)

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	0,04 %	0,05 %	1,01 %	0,44 %
1500	0,14 %	0,15 %	0,58 %	0,36 %
2000	0,03 %	0,01 %	0,64 %	0,24 %
2500	0,04 %	0,01 %	0,57 %	0,08 %
3000	0,06 %	0,06 %	0,52 %	0,04 %
3500	0,06 %	0,04 %	0,55 %	0,04 %

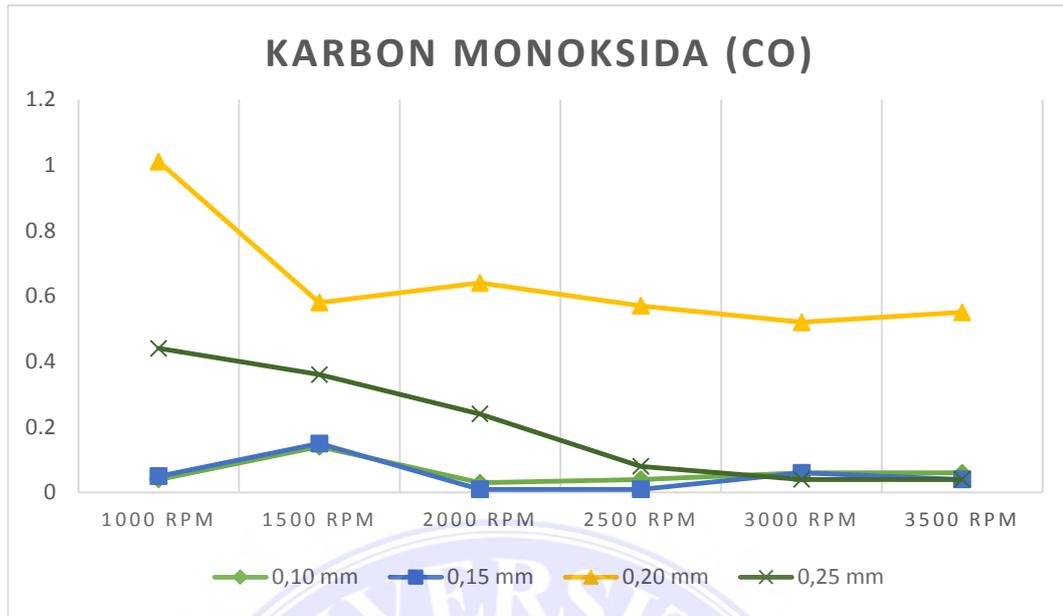


Diagram 4.6 Emisi gas buang Karbon Monoksida (CO)

Dari diagram 4.6 emisi gas buang karbon monoksida terbesar terdapat pada celah 0,20mm pada putaran 1000Rpm sebesar 1,01% dan yang terkecil pada celah 0,15mm pada putaran 2000Rpm – 2500Rpm sebesar 0,01%.

b. Hidro Karbon (HC)

Tabel 4.13 Emisi gas buang Hidro Karbon (HC)

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	72 ppm	35 ppm	226 ppm	150 ppm
1500	61 ppm	34 ppm	141 ppm	124 ppm
2000	41 ppm	20 ppm	114 ppm	74 ppm
2500	24 ppm	8 ppm	81 ppm	40 ppm
3000	4 ppm	0 ppm	48 ppm	24 ppm
3500	0 ppm	0 ppm	26 ppm	8 ppm

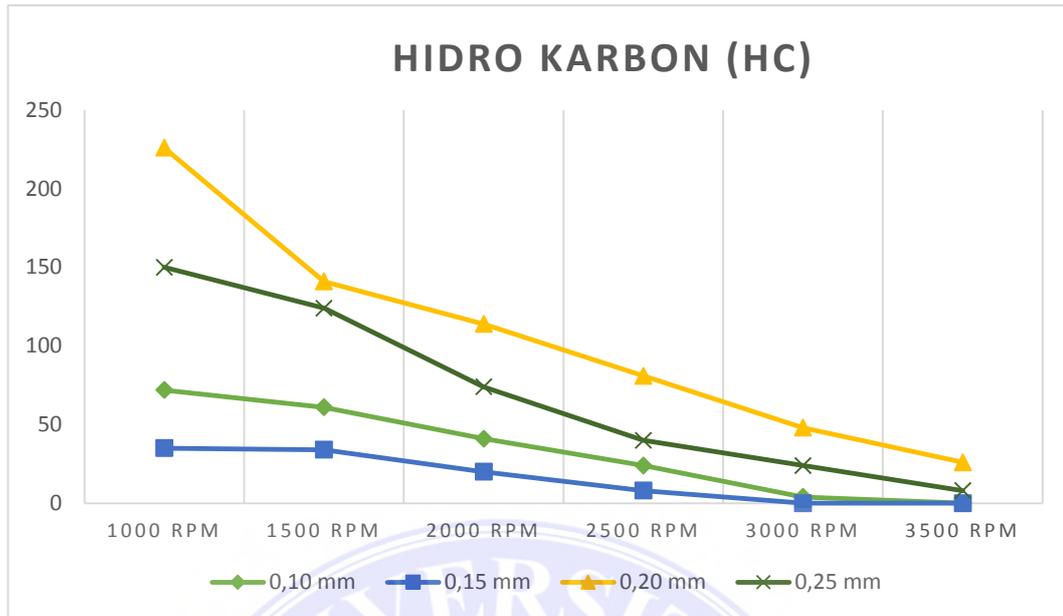


Diagram 4.7 Emisi gas buang Hidro Karbon (HC)

Dari diagram 4.7 emisi gas buang Hidro Karbon (HC) terbesar terdapa pada celah 0,20mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 226ppm dan yang terkecil terdapat pada celah 0,15mm pada putaran 3000 Rpm, 3500 Rpm dan celah katup 0,10 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 0 ppm.

c. Karbondioksida (CO₂)

Tabel 4.14 Emisi gas buang Karbondioksida (CO₂)

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	16,8 %	17,3 %	15,9 %	16,8 %
1500	16,9 %	17,5 %	15,8 %	16,7 %
2000	17,0 %	17,4 %	15,9 %	16,7 %
2500	17,1 %	17,6 %	16,1 %	17,1 %
3000	17,0 %	17,8 %	15,8 %	17,1 %
3500	16,7 %	17,7 %	15,6 %	16,9 %

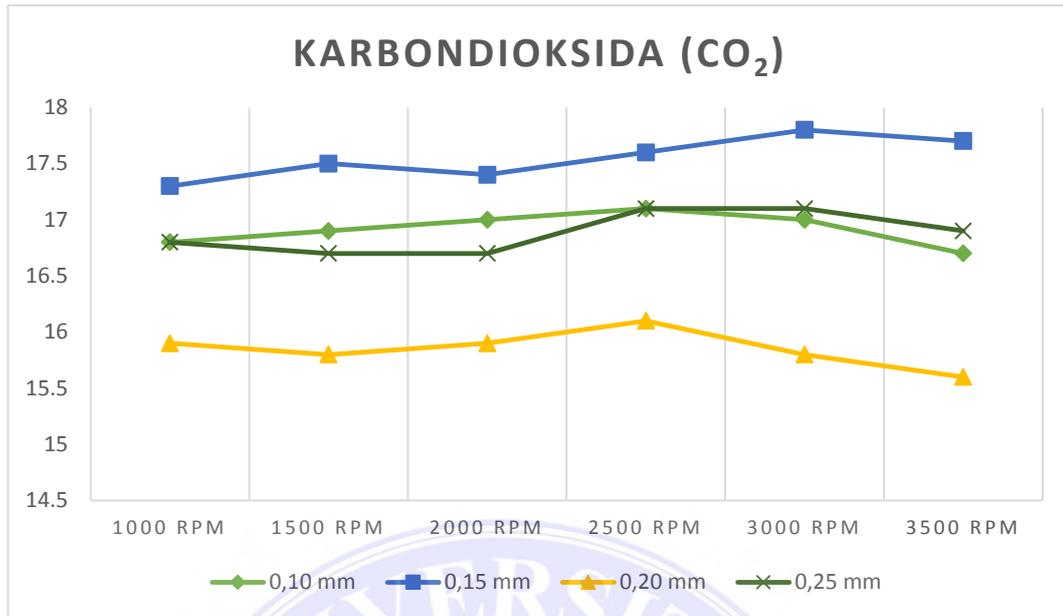


Diagram 4.8 Emisi gas buang Karbondioksida (CO₂)

Dari diagram 4.8 emisi gas buang Karbondioksida (CO₂) terbesar terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3000 Rpm sebesar 17,8 % dan yang terkecil terdapat pada celah 0,20 mm pada putaran 1500 Rpm sebesar 15,8 %.

d. Oksigen (O₂)

Tabel 4.15 Emisi gas buang Oksigen (O₂)

Putaran mesin (Rpm)	Celah katup masuk (mm)			
	0,10mm	0,15mm	0,20mm	0,25mm
1000	0,28 %	0,00 %	0,66 %	0,23 %
1500	0,00 %	0,00 %	0,64 %	0,25 %
2000	0,00 %	0,00 %	0,66 %	0,40 %
2500	0,00 %	0,00 %	0,39 %	0,00 %
3000	0,00 %	0,00 %	0,36 %	0,00 %
3500	0,00 %	0,00 %	0,24 %	0,00 %

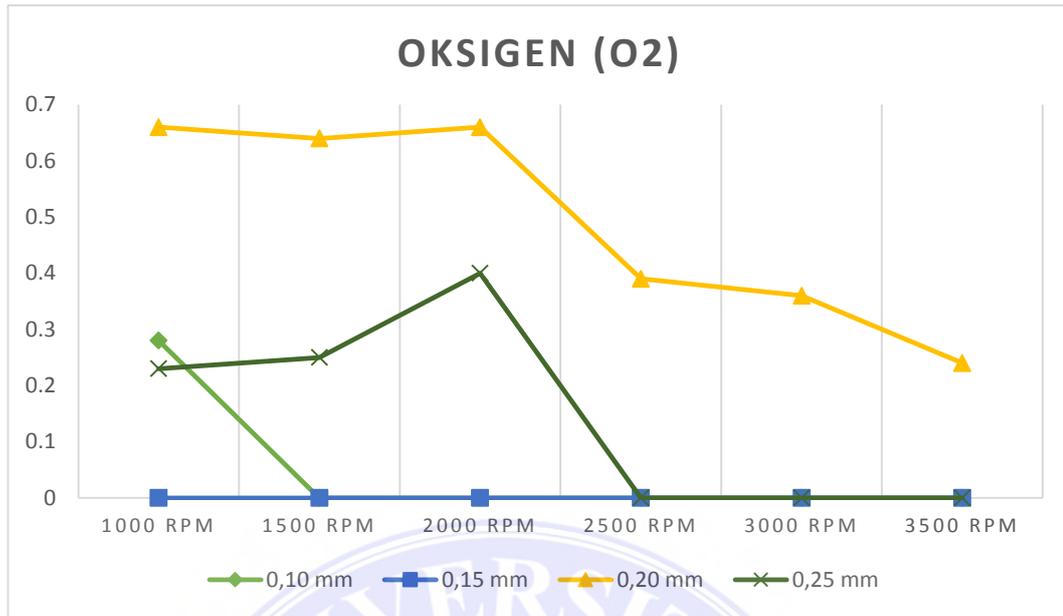


Diagram 4.9 Emisi gas buang Oksigen (O₂)

Dari diagram 4.9 emisi gas buang Oksigen (O₂) terbesar terdapat pada celah 0,20mm pada putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm sebesar 0,66% dan yang terkecil terdapat pada celah 0,15 mm pada setiap putaran, celah 0,10 mm pada putaran 1500 Rpm sampai 3500 Rpm, serta 0,25 mm pada putaran 2500 Rpm sampai 3500 Rpm sebesar 0%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Daya indikator terbesar terdapat pada celah katup masuk 0,25 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 63,61 kW dan yang terkecil terdapat pada celah katup 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 16,95 kW.
2. Daya break terbesar terdapat pada celah katup masuk 0,25 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 50,89 kW dan daya terkecil terdapat pada celah katup 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 13,56 kW.
3. Energi panas masuk terbesar terdapat pada celah 0,25mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 28,08 kW dan yang terkecil terdapat pada setiap celah katup pada putaran 1000 Rpm sebesar 16,94 kW.
4. Efisiensi thermal break terbesar terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 47,06% dan terkecil terdapat pada celah 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 20,01%.
5. Konsumsi bahan bakar spesifik break terbesar terdapat pada celah 0,10 mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 100,88 g/kWh dan terkecil terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 43,29 g/kWh.
6. Emisi gas buang karbon monoksida (CO) terbesar terdapat pada celah 0,20mm pada putaran 1000Rpm sebesar 1,01% dan yang terkecil pada celah 0,15mm pada putaran 2000Rpm – 2500Rpm sebesar 0,01%.

7. Emisi gas buang Hidro Karbon (HC) terbesar terdapa pada celah 0,20mm pada putaran 1000 Rpm sebesar 226ppm dan yang terkecil terdapat pada celah 0,15mm pada putaran 3000 Rpm, 3500 Rpm dan celah katup 0,10 mm pada putaran 3500 Rpm sebesar 0 ppm.
8. Emisi gas buang Karbondioksida (CO₂) terbesar terdapat pada celah 0,15 mm pada putaran 3000 Rpm sebesar 17,8 % dan yang terkecil terdapat pada celah 0,20 mm pada putaran 1500 Rpm sebesar 15,8 %.
9. Emisi gas buang Oksigen (O₂) terbesar terdapat pada celah 0,20mm pada putaran 1000 Rpm dan 2000 Rpm sebesar 0,66% dan yang terkecil terdapat pada celah 0,15 mm pada setiap putaran, celah 0,10 mm pada putaran 1500 Rpm sampai 3500 Rpm, serta 0,25 mm pada putaran 2500 Rpm smpai 3500 Rpm sebesar 0%.

5.2 Saran

1. Menggunakan putaran mesin lebih banyak agar dapat diketahui bagaimana hasil pengujian prestasi mesin dan emisi gas buang pada masing-masing putaran mesin.
2. Menggunakan variasi bahan bakar untuk mengetahui bahan bakar mana yang lebih baik dalam peningkatan prestsi mesin dan menurunkan emisi gas buang.
3. Dilakukan pengaplikasian pada sepeda motor.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Tri, et al. 2015. "Pengaruh Jarak Celah Katup Terhadap unjuk Kerja Motor Bakar Injeksi". *Jurnal Widya Teknika*, Vol.23, No.1, ISSN 1411-0660.
- Exwanto, Aris, et al. 2010. "Pengaruh Penyetelan Celah Katup dan Penyetelan *Timing Injection Pump* Terhadap Hasil Gas Buang pada Motor Diesel". *Jurnal Teknik Mesin*. Universitas Islam 45 Bekasi.
- Isnanda. 2007. "Pengaruh Gas Buang Terhadap Kinerja Motor Bensin". *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.4, No.1, ISSN 1829-8958.
- Najhib, Idho. 2013. "Mekanisme Katup pada Mesin Suzuki G15". *Tugas Akhir*. Universitas Negeri Semarang.
- Pardede, Sepvinolist dan Tulus B. Sitorus. 2013. "Kinerja Mesin Sepeda Motor Satu Silinder dengan Bahan Bakar Premium dan Ethanol dengan Modifikasi Rasio Kompresi". *Jurnal E-Dinamis*, Vol.4, No.4, ISSN 2338-1035.
- Pasaribu, Sabar. 2017. "Pengaruh Variasi Celah Busi dan Jenis Busi Terhadap Emisi Gas Buang pada Kendaraan Roda Dua 110CC". *Jurnal Ilmiah INTEGRITAS*, Vol.3, No.1.
- Saputro, Dhanang Wahyu dan Sarjono. 2010. "Pengaruh Perubahan Celah Katup Hisap dan Katup Buang Terhadap *Performnce* Motor Jupiter Z 2004 Menggunakan Bahan Bakar Biopremium E10". *Jurnal*.
- Siregar, Fatah Maulana. 2009. "Performansi Mesin-Non *Stationer (Mobile)* Berteknologi VVT-I". *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Susilo, Agastya Budi. 2017. "Analisa Variasi Kerenggangan Celah Katup Terhadap Torsi dan Daya pada Motor Honda G1 Max". *Simki-Techsan Universitas Nusantara PGRI Kediri*, Vol.01, No.05, ISSN XXXX-XXXX.
- Syahrani, Awal. 2006. "Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi". *Jurnal SMARTek*, Vol.4, No.4.
- Yahya, Wachid. 2016. "Pengaruh Variasi Celah Katup dan Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pertalite pada Mesin Bensin 4 TAK". *Jurnal Sainstech Politeknik Indonusa Surakarta*, Vol.3, No.6, ISSN 2355-5009.