



**PENGARUH TEKANAN *EXHAUST MANIFOLD* TERHADAP
KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN**

SKRIPSI

Oleh

**Erdha Kogarta Dendi Purnama
NIM 111910101092**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENGARUH TEKANAN *EXHAUST MANIFOLD* TERHADAP
KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
Dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Erdha Kogarta Dendi Purnama
NIM 111910101092

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta Ibu Wiwik Yuliati dan Bapak Joko Purnomo yang selalu mendoakan saya dengan tulus ikhlas untuk kesuksesan anaknya;
2. Kakak perempuan saya Ermi Adriani Meikayanti dan adik saya Erga Armela Febrianti yang memberikan dukungan agar dapat menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Hari Arbiantara B., S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan mahasiswanya sehingga dapat menyelesaikan masa kuliah;
4. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi;
5. Bapak M. Fahrur Rozy H. S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak-Ibu guru SD, SMP, SMA dan semua dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang selama ini mencurahkan ilmu pengetahuannya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat;
7. Mbak Halimah, Pak Zamroni, Pak Gifita, Abduh dan semua staf akademik baik di lingkungan Universitas Jember maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait;
8. Semua saudaraku Teknik Mesin 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 Universitas Jember, yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat;
9. Teman penyemangatku Adi, Wildan, Imron dan Novi dalam penyelesaian skripsi ini;
10. Serta saudaraku paguyuban Nganjuk Mitreka Satata yang selalu menjadi tempat berbagi keluh kesah selama di perantauan;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

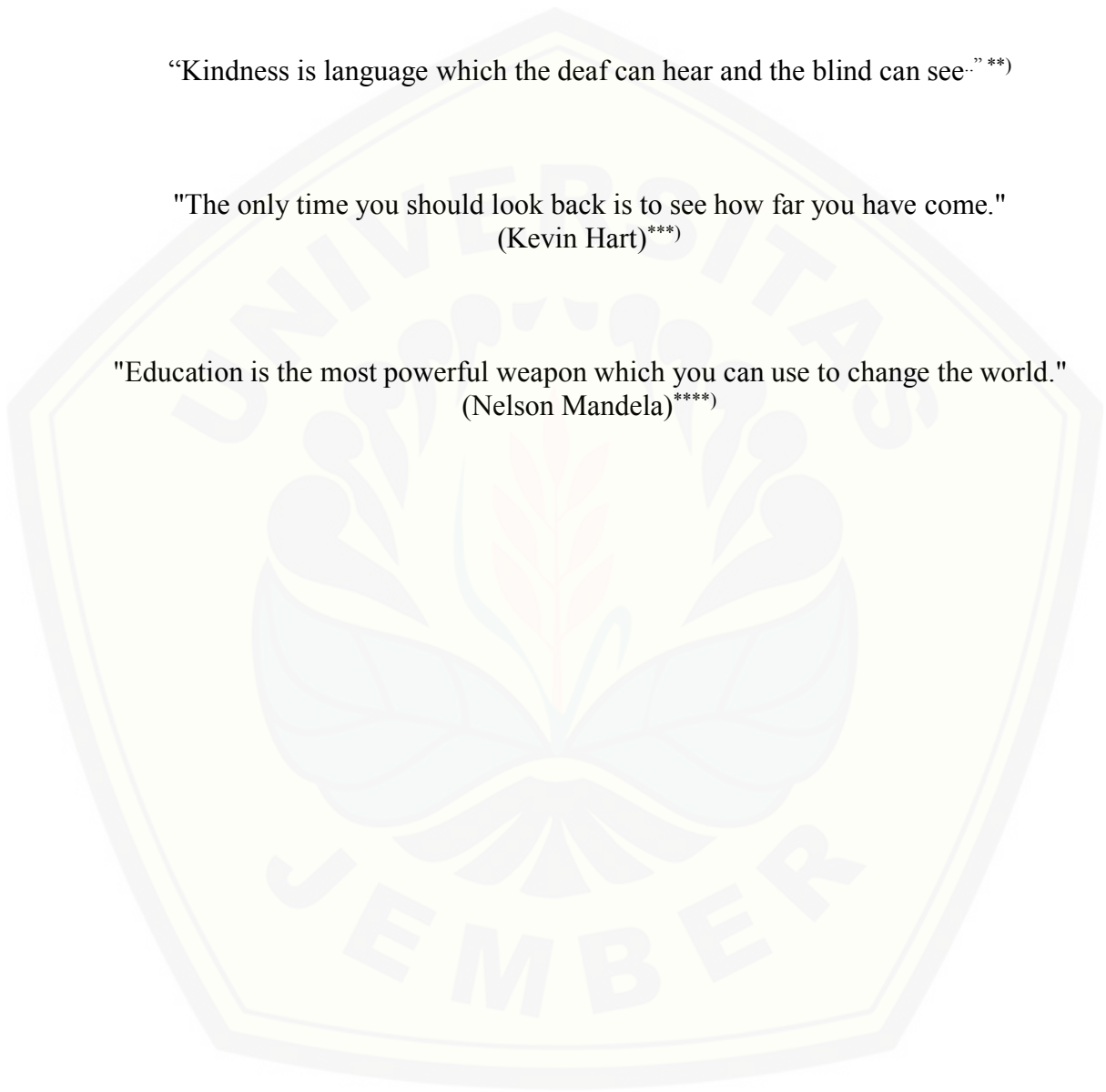
MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan...” (QS. Al-Inshirah : 5-6)*)

“Kindness is language which the deaf can hear and the blind can see.” **)

"The only time you should look back is to see how far you have come."
(Kevin Hart) ***)

"Education is the most powerful weapon which you can use to change the world."
(Nelson Mandela) ****)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erdha Kogarta Dendi Purnama

NIM : 111910101092

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH TEKANAN *EXHAUST MANIFOLD* TERHADAP KINERJA MOTOR BAHAN BAKAR BENSIN” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2019

Yang menyatakan,

(Erdha Kogarta DP)

NIM 111910101092

SKRIPSI

**PENGARUH TEKANAN *EXHAUST MANIFOLD* TERHADAP
KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN**

Oleh

Erdha Kogarta Dendi Purnama
NIM 111910101092

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “PENGARUH TEKANAN *EXHAUST MANIFOLD* TERHADAP KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Januari 2019
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T.,M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Penguji Utama,

M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.
NIP 198003027 201212 1 003

Dosen Pembimbing Anggota,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Penguji Anggota,

Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T.
NIP 19691122 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Pengaruh Tekanan *Exhaust Manifold* Terhadap Kinerja Motor Bahan Bakar Bensin; Erdha Kogarta Dendi Purnama, 111910101092; 2019; 43 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Banyak faktor yang bisa memengaruhi performa motor bakar 4 langkah, salah satunya adalah *back pressure*. Pada pengujian ini, pemberian penutup tambahan pada lubang knalpot diharapkan mampu menunjukkan seberapa berpengaruhnya *back pressure* terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah. Penutupan dilakukan dengan menggunakan variasi 0%, 25%, 50% dan 75% luasan lubang knalpot. Dengan menutupi sebagian lubang knalpot dapat diketahui bahwa *back pressure* dapat menurunkan torsi, daya, *fuel consumption* dan kebisingan yang rendah.

Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui unjuk kerja motor bakar 4 langkah dengan penutupan sebagian lubang knalpot sebagai penyedia *back pressure*. Yang kedua adalah memperoleh nilai konsumsi bahan bakar dan kebisingan yang rendah. Dalam pengujian unjuk kerja motor bakar digunakan alat *dynamometer* untuk mengetahui nilai torsi, daya dan putaran mesin. Kemudian hasil pengujian motor bakar dibandingkan dengan kondisi standar. Pengujian unjuk kerja motor bakar dilakukan saat *full open throttle* di gigi 3.

Hasil yang didapat dari unjuk kerja motor bakar adalah torsi rata-rata tertinggi pada variasi penutupan 0% sebesar 8,31 N.m pada putaran mesin 5750 rpm. Daya rata-rata tertinggi terjadi pada variasi penutupan 0% sebesar 7,67 hp pada putaran mesin 7500 rpm. *Fuel consumption* (F_c) terendah didapat pada variasi penutupan 75% yaitu 1,78 kg/jam.

SUMMARY

Effect of Exhaust Manifold Pressure on Gasoline Fuel Motor Performance;
Erdha Kogarta Dendi Purnama, 111910101092; 2019; 43 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Many factors can affect the performance of a 4-step fuel motor, one of which is back pressure. In this test, the addition of an additional cover on the exhaust hole is expected to be able to show how influential back pressure is on the performance of a 4-step fuel motor. The closure is done using variations of 0%, 25%, 50% and 75% of the exhaust hole area. By covering a portion of the exhaust hole it can be seen that back pressure can reduce torque, power, fuel consumption and low noise.

The goal to be achieved is to find out the performance of 4 stroke fuel motor with a partial closure of the exhaust hole as a back pressure provider. The second is obtaining low fuel consumption and noise values. In testing the performance of the combustion engine a dynamometer is used to determine the value of torque, power and engine speed. Then the results of the combustion motor test are compared with standard conditions. The performance of the combustion engine is carried out at full open throttle in 3rd gear.

The results obtained from the performance of the combustion motor are the highest average torque at a variation of 0% closure at 8.31 N.m at 5750 rpm engine speed. The highest average power occurs in the variation of 0% closure of 7.67 hp at 7500 rpm engine speed. The lowest fuel consumption (F_c) was obtained at a 75% closing variation of 1.78 kg/hour.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah pada Allah Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Tekanan *Exhaust Manifold* Terhadap Kinerja Motor Bakar Bensin”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak M. Fahrur Rozy H. S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Bapak Ardhi selaku supervisor di Dealer Sentral Yamaha yang memberikan tempat meneliti dan menguji *dynotest* motor bakar 4 langkah.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, Januari 2019

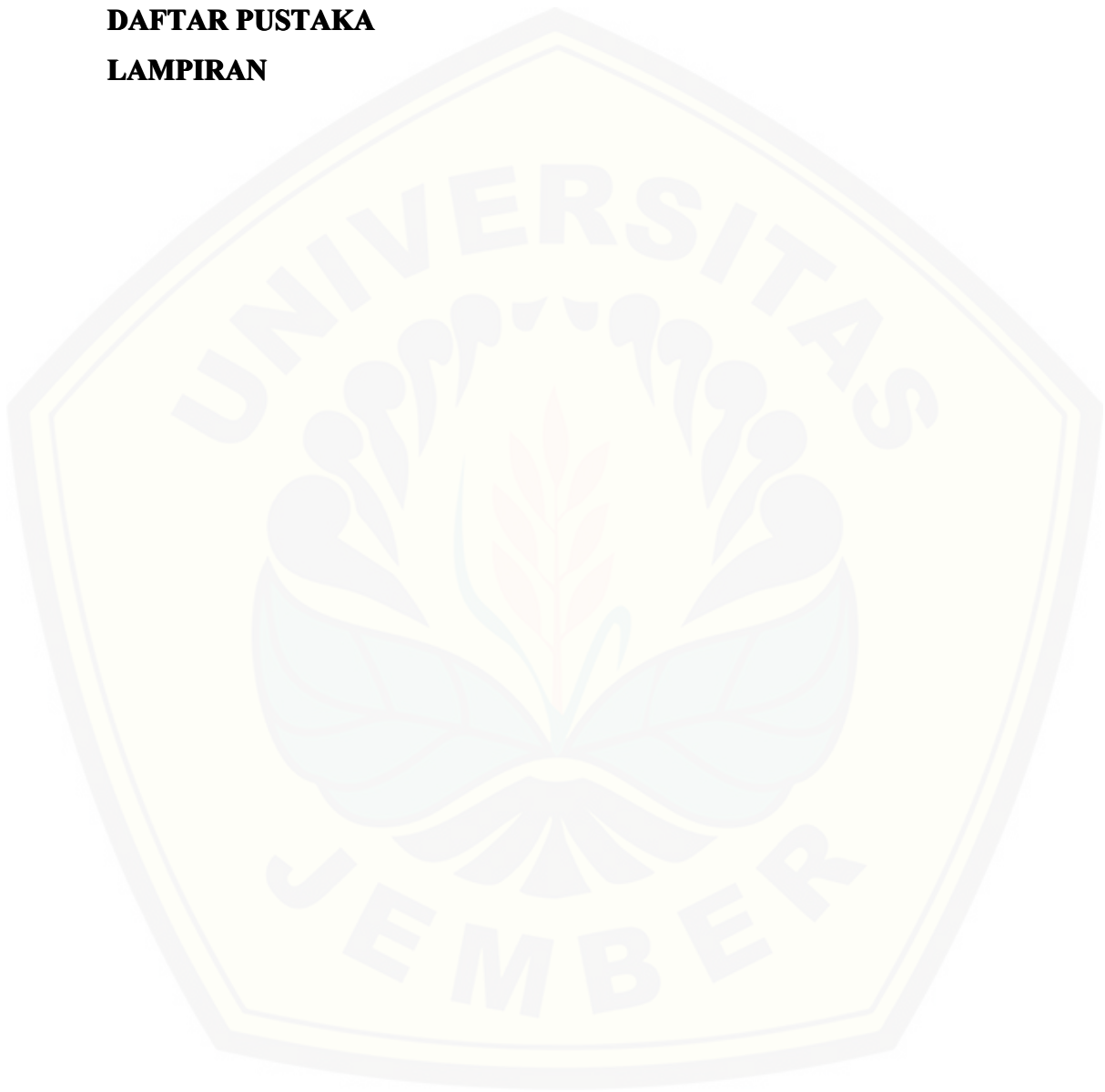
Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Siklus 4-Langkah Pada Mesin Otto	5
2.2 Exhaust System	10
2.3 Unjuk Kerja Mesin Otto	12
2.3.1 Torsi (T)	13
2.3.2 Daya Efektif (Ne)	13
2.3.3 Fuel Consumption (Fc).....	13
2.3.4 Kebisingan (dB).....	14

2.4 Tekanan <i>Exhaust Manifold</i>	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.3.1 Alat.....	17
3.3.2 Bahan.....	18
3.3.3 Variabel Bebas.....	18
3.3.4 Variabel Terikat.....	18
3.4 Prosedur Penelitian	19
3.4.1 Penyusunan Alat Penelitian.....	19
3.4.2 Tahap Penelitian.....	19
3.5 Desain Variasi Penutup	21
3.6 Diagram Alir Penelitian	24
3.7 Skema Alat Uji	25
3.8 Hipotesa	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.1.1 Analisa Tekanan Rata-rata <i>Exhaust Manifold</i>	27
4.1.2 Analisa Torsi Mesin Dalam Keadaan <i>Full Open Throttle</i>	30
4.1.3 Analisa Daya Mesin Dalam Keadaan <i>Full Open Throttle</i>	31
4.1.4 Analisa <i>Fc</i> Pada Mesin Dalam Keadaan <i>Full Open Throttle</i>	33
4.1.5 Analisa Kebisingan Mesin Keadaan <i>Full Open Throttle</i>	33
4.2 Pembahasan	34
4.2.1Analisa Hubungan Tekanan <i>Exhaust Manifold</i> dengan Variasi Penutupan.....	34
4.2.2 Analisa Hubungan Tekanan <i>Exhaust Manifold</i> dengan Torsi.....	35
4.2.3 Analisa Hubungan Tekanan <i>Exhaust Manifold</i> dengan Daya.....	37
4.2.4 Analisa Hubungan Tekanan <i>Exhaust Manifold</i> dengan <i>Fc</i>	38
4.2.5Analisa Hubungan Tekanan <i>Exhaust Manifold</i> dengan Kebisingan.....	39

BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 Siklus 4-Langkah pada Mesin Otto.....	4
2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE.....	7
2.3 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.....	8
2.4 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin.....	9
2.5 Langkah Hisap.....	10
2.6 Saluran Gas Buang.....	11
2.7 <i>Catalytic Converter</i>	11
2.8 Knalpot Standart Jupiter Z.....	12
3.1 Desain Plat Penutup Beserta Ukurannya.....	21
3.2 Plat Penutup Variasi 0%.....	21
3.3 Plat Penutup Variasi 25%.....	22
3.4 Plat Penutup Variasi 50%.....	22
3.5 Plat Penutup Variasi 75%.....	23
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.7 Skema Alat Uji.....	25
3.8 Sensor <i>Manifold Pressure</i>	26
3.9 Aplikasi <i>Sound Meter</i>	26
4.1 Grafik Perbandingan Tekanan Rata-rata Tiap Variasi.....	28
4.2 Grafik Perbandingan Pengujian Torsi Tiap Variasi.....	29
4.3 Grafik Perbandingan Pengujian Daya Tiap Variasi.....	31
4.4 Grafik Perbandingan <i>Fuel Consumption</i> Tiap Variasi.....	33
4.5 Grafik Perbandingan Kebisingan dengan Variasi Penutupan.....	34
4.6 Grafik Hubungan Variasi Terhadap Tekanan.....	35
4.7 Grafik Hubungan Tekanan Terhadap Torsi.....	36
4.8 Grafik Hubungan Tekanan Terhadap Daya.....	37
4.9 Grafik Hubungan Tekanan Terhadap <i>Fuel Consumption</i>	38
4.10 Grafik Hubungan Tekanan Terhadap Kebisingan.....	39

DAFTAR TABEL

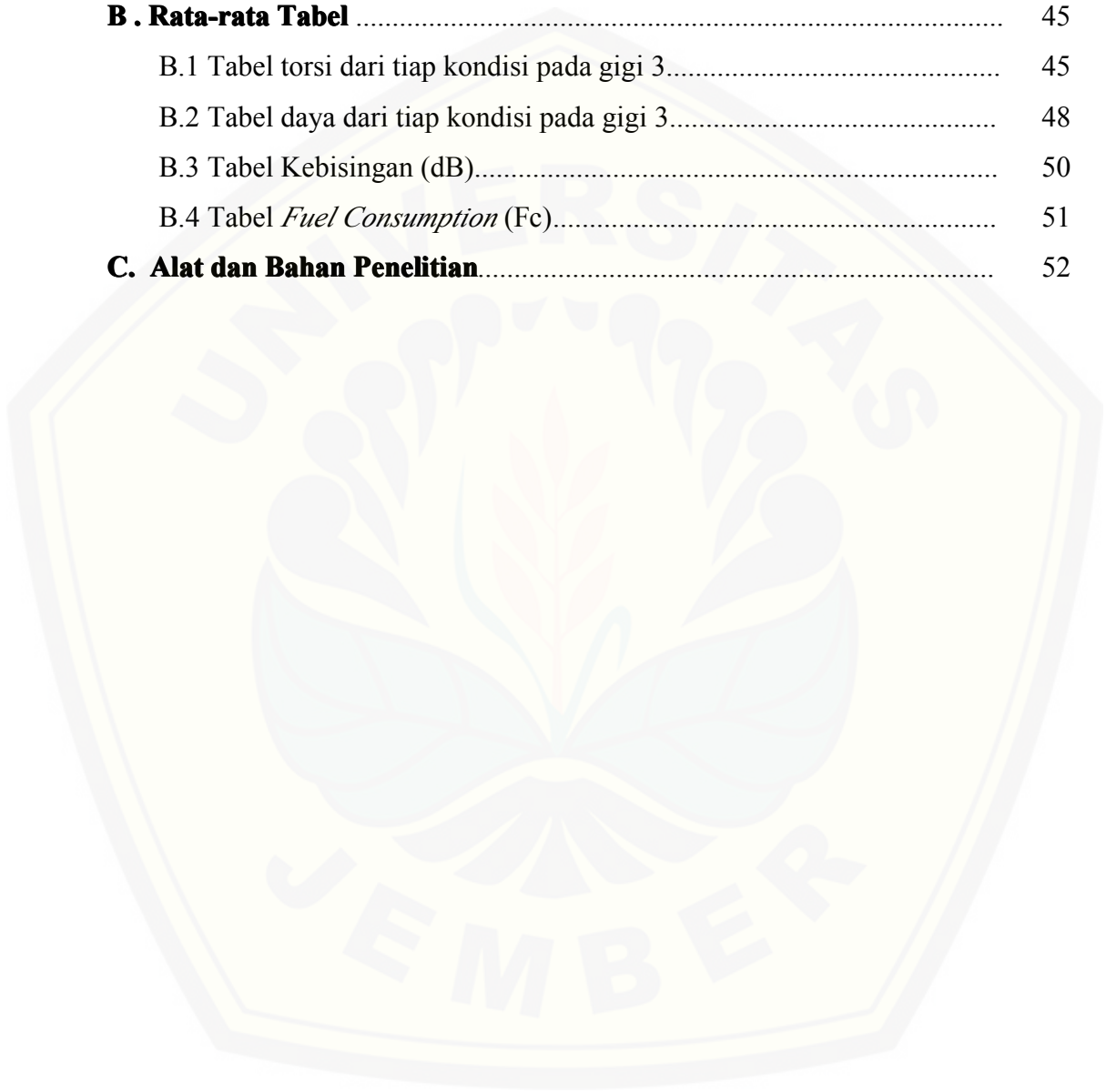
	HALAMAN
4.1 Hasil Pengujian Tekanan Tiap Variasi.....	28
4.2 Grafik Hasil dari Pengujian Torsi Maksimum Tiap Variasi.....	29
4.3 Grafik Hasil dari Pengujian Daya Maksimum Tiap Variasi.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN

A. Perhitungan	43
B . Rata-rata Tabel	45
B.1 Tabel torsi dari tiap kondisi pada gigi 3.....	45
B.2 Tabel daya dari tiap kondisi pada gigi 3.....	48
B.3 Tabel Kebisingan (dB).....	50
B.4 Tabel <i>Fuel Consumption</i> (Fc).....	51
C. Alat dan Bahan Penelitian	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi otomotif khususnya kendaraan motor bensin di Indonesia berkembang pesat. Hal ini tidak lepas dari tingginya penggunaan kendaraan motor bensin yang ada di Indonesia. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke 4 negara dengan penduduk terbesar setelah negara Cina, India dan Amerika dengan 255.461.686 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2014), yang mayoritasnya adalah pengguna kendaraan bermotor.

Kendaraan bermotor merupakan kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik untuk pergerakannya, dan digunakan untuk transportasi darat. Umumnya kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam, namun motor listrik dan mesin jenis lain (misalnya kendaraan listrik hibrida dan hibrida *plug-in*) juga dapat digunakan. kendaraan bermotor memiliki roda, dan biasanya berjalan di atas jalanan.

Motor bahan bakar bensin adalah motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar bensin. Pada proses pembakarannya, motor bensin menggunakan busi untuk penyalaan pengapiannya. Motor bensin empat langkah disebut juga motor Otto, yaitu mesin yang dalam satu siklus kerjanya dilakukan dalam empat langkah torak, meliputi langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang (Sanata, 2011). Dewasa ini minat kalangan pemuda akan motor bakar bensin dengan performa unggul sehingga banyak pecinta otomotif yang melakukan modifikasi terhadap motor bensin.

Banyak faktor yang bisa mempengaruhi daya motor bakar bensin, salah satunya yaitu adanya tekanan atau *pressure* pada *exhaust manifold*. *Exhaust Manifold* atau yang biasa dikenal dengan saluran gas buang adalah bagian dari mesin IC (*internal combustion*), fungsinya adalah untuk mengumpulkan dan membawa gas buang dari kepala silinder kemudian menyalurkannya ke sistem pembuangan (Jain, 2013). *Exhaust Manifold* memainkan peran penting dalam kinerja sistem mesin. Khususnya, efisiensi dari emisi dan konsumsi bahan bakar. *Exhaust Manifold* dipengaruhi oleh tekanan dan deformasi termal yang

disebabkan oleh distribusi temperatur, akumulasi panas atau disipasi dan karakteristik termal terkait lainnya (Bajpai dkk, 2017).

Exhaust manifold dalam keadaan baik dapat meningkatkan daya mesin (Umesh dkk, 2013). *Exhaust manifold* mampu mempengaruhi proses pertukaran gas dalam beberapa aspek, seperti kinerja piston selama langkah buang, sirkuit pendek bahan bakar baru dari *intake* ke knalpot dan bahkan pengisian silinder. Dalam pengertian ini, kondisi batas paling berpengaruh yang ditimbulkan oleh manifold adalah tekanan pada katup terutama evolusi tekanan seketika. *Back pressure* rata-rata ditentukan oleh satu elemen tunggal, seperti turbin, *catalytic converter*, dan peredam (Bajpai dkk, 2017).

Back pressure atau tekanan balik adalah efek yang tidak diinginkan karena ketika tekanan balik meningkat, begitu juga dengan jumlah gas yang tersisa di kepala silinder. Peningkatan berat residu akan mengurangi volume muatan segar, yang juga berimbas pada meningkatkan suhu awal kompresi. Beberapa percobaan menunjukkan bagaimana peningkatan *back pressure* mempengaruhi efisiensi termal untuk berbagai tekanan induksi manifold (Bajpai dkk, 2017).

Desain *exhaust manifold* telah dikembangkan selama bertahun-tahun sejalan dengan berkembangnya mesin. Pada awalnya manifold buang jauh kurang efisien jika dibandingkan dengan manifold buang saat ini. Desain yang tidak berkontribusi pada kelancaran arus gas buang sangat khas di masa-masa sebelumnya. Tekanan balik yang terjadi jauh lebih besar, sehingga meningkatkan kinerja yang dilakukan oleh piston pada stroke buang. Sejumlah besar gas sisa tetap di ruang kompresi dan, sebagai akibatnya, suhu meningkat. Saat ini, desain *exhaust manifold* telah berkembang sepenuhnya. Untuk memperbaiki konfigurasi sebelumnya, para perancang dan peneliti telah memunculkan ide desain yang berbeda mengkaji berbagai parameter yang mempengaruhi manifold buang. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian tingkat nilai tekanan pada *exhaust manifold* terhadap daya motor bakar bensin (Bajpai dkk, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan kajian pustaka diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap daya motor bakar bensin?
2. Bagaimana pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap *fuel consumption* motor bakar bensin?
3. Bagaimana pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap kebisingan motor bakar bensin?

1.3 Tujuan

Berdasarkan uraian pada latar belakang, tujuan dari pengujian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap daya motor bakar bensin.
2. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap *fuel consumption* motor bakar bensin.
3. Mengetahui pengaruh variasi tekanan pada *exhaust manifold* terhadap kebisingan motor bakar bensin.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai pedoman pengembangan desain *exhaust manifold* yang mampu mengeluarkan daya motor bakar bensin secara maksimal serta memberikan kontribusi tentang referensi terkait nilai tekanan optimal dalam sistem *turbocharger* pada mesin diesel.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat kompleksnya permasalahan berkaitan dengan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pengambilan data dan analisa. Diperlukan batasan dan asumsi agar mempermudah menganalisa terhadap permasalahan yaitu:

1. Pengujian dilakukan pada suhu dan tekanan ruang yang diasumsikan sama dalam setiap percobaan.

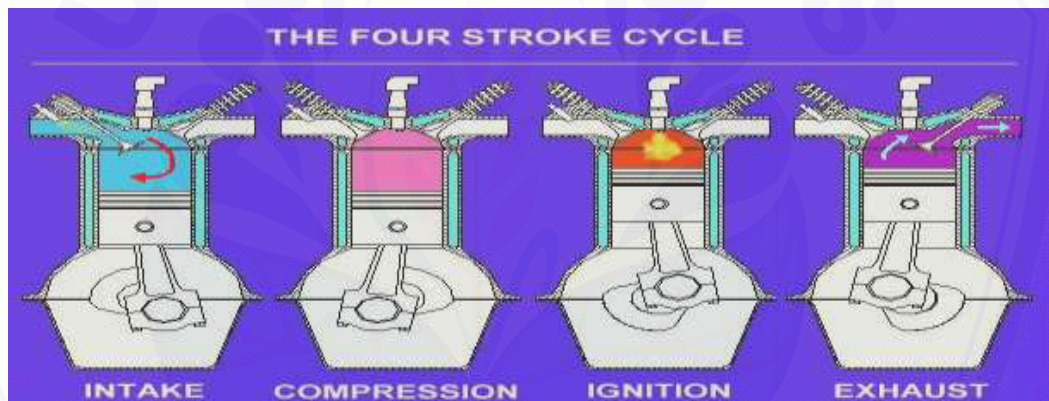
2. Bahan bakar menggunakan 2 liter Pertalite dibeli di SPBU Ahmad Yani pada Hari Selasa, 1 Januari 2019.
3. Kandungan Pertalite RON 90 dianggap sama yaitu terdiri dari 90% iso-oktana dan 10% n-heptana.
4. Keadaan motor dalam keadaan standart dan baik dalam setiap pengujian.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus 4-Langkah Pada Mesin Otto

Kebanyakan motor bakar torak bekerja dengan siklus 4-langkah. Pada tahun 1876, Dr. N.A.Otto berhasil membuat motor bakar torak dengan siklus 4-langkah yang sempurna. Pada motor Otto proses pembakaran di dalam motor bakar torak terjadi secara periodik. Sebelum terjadi proses pembakaran berikutnya, terlebih dahulu gas pembakaran yang sudah tidak dapat dipergunakan harus dikeluarkan dari dalam silinder, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Siklus 4-Langkah pada mesin Otto (Sanata, 2011)

Keterangan gambar :

1. Langkah Hisap (*Intake stroke*)

Ketika *intake valve* terbuka, *exhaust valve* tertutup, torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) dan udara terhisap masuk kedalam silinder karena adanya perbedaan tekanan. Sebelum terjadi proses pembakaran berikutnya terlebih dahulu gas sisa pembakaran harus dikeluarkan dari dalam silinder, kemudian silinder diisi dengan campuran bahan bakar dan udara segar (pada motor bensin) yang berlangsung ketika torak bergerak dari TMA menuju TMB. Pada saat katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup, campuran bahan bakar dan udara masuk ke ruang silinder melalui katup

hisap. Peristiwa ini disebut langkah hisap (Arifuddin, 1999).

Fungsi utama dari sistem *intake* adalah untuk menyalurkan udara segar ke *engine* dan gas buang ke atmosfer secara efisien dan untuk meminimalkan emisi *intake* dan knalpot kebisingan (Davis, 1996).

2. Langkah Kompresi (*compression stroke*)

Intake valve dan *exhaust valve* tertutup, torak bergerak dari TMB ke TMA, udara dikompresikan sehingga mencapai tekanan antara 30-40 kg/cm² dan suhu mencapai antara 300-600°C pada akhir langkah sebelum TMA api dipercikan oleh busi. Setelah mencapai TMB torak bergerak menuju TMA, sementara katup hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup, campuran yang terdapat di dalam silinder dimampatkan oleh torak yang bergerak menuju TMA, volume campuran berkurang sedangkan tekanan dan temperatur naik hingga campuran itu mudah terbakar proses pemampatan ini disebut langkah kompresi (Arifuddin, 1999).

3. Langkah Kerja (*power stroke*)

Intake valve dan *exhaust valve* tertutup, torak bergerak dari TMA ke TMB, terjadi pembakaran sehingga mencapai tekanan antara 60-80 kg/cm² dan suhu mencapai antara 600-800°C sehingga timbul usaha mendorong torak ke TMB (Arifuddin, 1999).

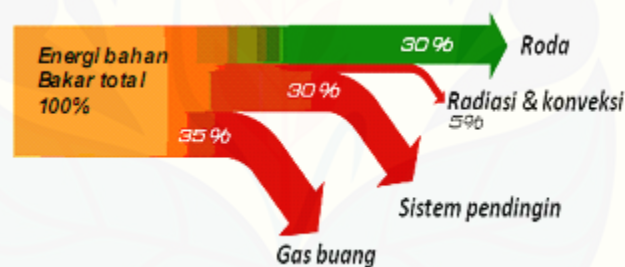
4. Langkah Buang (*exhaust stroke*)

Intake valve tertutup dan *exhaust valve* terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA dan gas pembakaran mendorong keluar melalui *exhaust valve*. Pada umumnya disediakan tegangan yang besar untuk menjamin agar selalu terjadi lompatan api listrik di dalam segala misalnya : 10.000 – 20.000 Volt. Ketika busi mengeluarkan api listrik, yaitu pada saat beberapa derajat engkol sebelum torak TMA, campuran bahan bakar-udara di sekitar itulah yang mulai terbakar. Kemudian nyala api mulai merambat ke segala arah dengan kecepatan sangat tinggi (25 – 30 m/detik) menyalakan yang dilaluinya sehingga tekanan gas di dalam silinder naik, sesuai dengan jumlah bahan bakar yang terbakar. Pada keadaan ini tekanan di dalam silinder dapat mencapai 130 – 200 kg/cm² (Arifuddin, 1999).

2.1.1 Motor Bakar Bensin

Motor bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik (Hidayat, 2012). Bahan bakar standar motor bensin adalah isooktana (C_8H_{18}). Motor bensin yang ada dimasa sekarang ini merupakan perkembangan dan hasil evolusi mesin yang semula dikenal sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan campuran bahan bakar dan udara, karena itu motor bensin cenderung dinamai *Spark Ignition Engine* (Kristian, 2015).

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



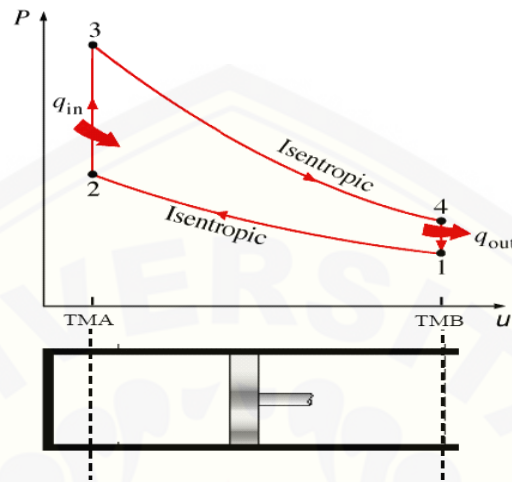
Gambar 2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE
(Kristian, 2015)

2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

Proses teoritis (ideal) motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus otto dimana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam hal ini adalah:

- 1) Kompresi berlangsung isentropis;
- 2) Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu;
- 3) Ekspansi isentropis;
- 4) Pembuangan kalor pada volume konstan;

- 5) Fluida kerja udara adalah dengan sifat gas ideal dan selama proses, panas jenis konstan.



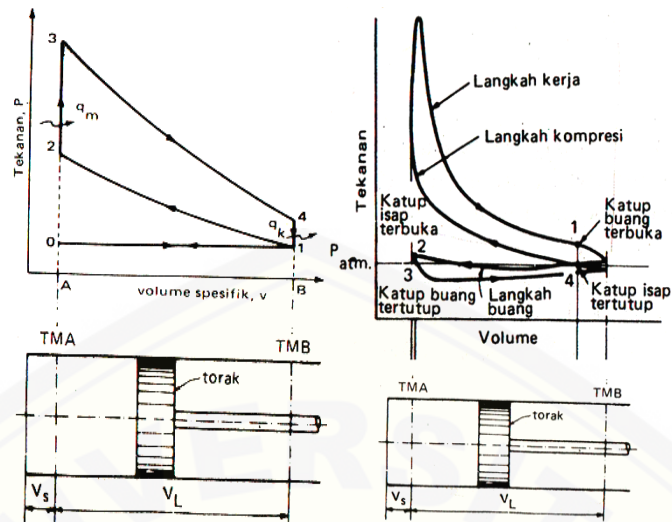
Gambar 2.3 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah

(Kristian, 2015)

Keterangan:

- 0-1 : Pemasukan BB pd P konstan
- 1-2 : Kompresi Isentropis
- 2-3 : Pemasukan kalor pd V konstan
- 3-4 : Ekspansi Isentropis
- 4-1 : Pembuangan kalor pd V konstan
- 1-0 : Pembuangan gas buang pd P konstan

Efisiensi siklus aktual lebih rendah dibandingkan dengan siklus teoritis karena berbagai kerugian pada operasi mesin secara aktual yang disebabkan oleh beberapa kasus penyimpangan (Kristian, 2015).



Gambar 2.4 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin
(Kristian, 2015)

Berikut adalah beberapa faktor penyebab penyimpangan dari siklus ideal:

- Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA (Titik Mati Atas) tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukan kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;
- Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida pendingin. Perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperatur antara fluida kerja dengan fluida pendingin;
- Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- Kerugian karena gesekan antara piston dan dinding silinder;

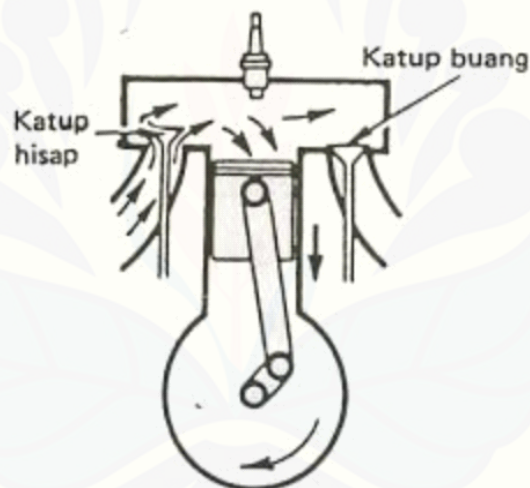
Pembukaan katup *exhaust* atau buang yang terlalu awal menyebabkan sebagian dari langkah ekspansi (langkah kerja) terbuang;

2.2 Exhaust System

Sebuah sistem pembuangan merupakan perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan gas buang dari reaksi pembakaran yang terkontrol di dalam mesin. Seluruh sistem menyalurkan gas yang terbakar dari mesin menuju satu atau lebih pipa pembuangan. Sistem gas buang terdiri dari : katup buang, saluran buang, *catalytic converter* dan *muffler* (Chan, 2000).

2.2.1 Katup Buang

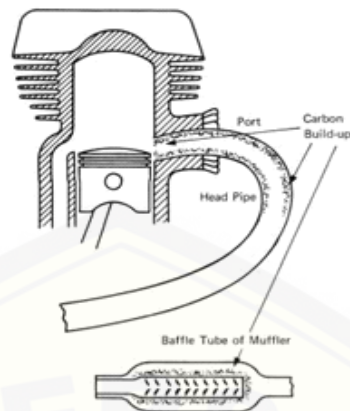
Exhaust valve atau katup buang bertugas menahan gas yang sedang terbakar dalam ruang silinder sehingga terbakar seluruhnya dan pada waktu yang ditentukan katup buang membuka dan menyalurkan gas sisa pembakaran keluar melalui saluran buang.



Gambar 2.5 Langkah Hisap
(Hidayat, 2012)

2.2.2 Saluran Buang

Saluran buang dipasang untuk menyalurkan gas hasil pembakaran di dalam silinder menuju ke peredam suara.



Gambar 2.6 Saluran Gas Buang
(www.slideserve.com)

2.2.3 Catalytic Converter

Bagian dari sistem gas buang yang mempunyai fungsi untuk mengurangi emisi gas buang karbon pada kendaraan. Emisi gas buang karbon sendiri mengandung banyak senyawa berbahaya, seperti Carbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan Nitrogen Oksida (NOx).



Gambar 2.7 Catalytic Converter
(www.carmudi.co.id)

Catalytic converter terbuat dari keramik. Didalamnya terdapat logam mulia Platinum, Rhodium dan Paladium. Platinum (Pt) dan Rhodium (Rh) berfungsi mengikat Oksigen pada senyawa NOx sehingga keluaran menjadi senyawa N₂. Kemudian Platinum (Pt) dan Paladium (Pd) bertugas mengikat Oksigen bebas yang akan bereaksi dengan senyawa CO dan HC sehingga

terbentuk senyawa CO₂ dan H₂O.

2.2.4 Peredam Suara

Peredam suara bertugas menyalurkan gas sisa keluar ke atmosfer serta meredam suara mesin. Peredam suara (*Muffler*) biasanya terbagi dua jenis, yaitu:

a. Jenis Lurus (*Straight Through*)

Jenis ini terdiri dari sebuah pipa lurus yang dilingkupi pipa berdiameter lebih besar.



Gambar 2.8 Knalpot Standart Yamaha Jupiter Z

b. Jenis berbelok (*Reverse Flow*)

Jenis ini terdiri dari potongan-potongan pipa yang pendek dan sekat-sekat penahan (*baffles*) guna menekan gas buang maju dan mundur sebelum keluar. Peredam seperti ini menciptakan suatu ruang pemuai yang dapat mengurangi suara gas buang dan menahan semburan api.

2.3 Unjuk Kerja Mesin Otto

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluaran kerja dan keandalan mesin. Pengujian dari suatu motor bakar dilakukan agar mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri.

Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor 4 langkah adalah :

1. Torsi (N.m)
2. Daya (HP)
3. *Fuel Consumption* (kg/jam)
4. Kebisingan (dB)

2.3.1 Torsi (T)

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi dapat diukur dengan alat *dynamometer*. Dengan persamaan berikut:

$$T = F \times d \text{ (N.m)}$$

Keterangan:

T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

F = Gaya (N)

d = Jarak pembebanan dengan pusat perputaran (m)

2.3.2 Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi yaitu suatu daya yang dihasilkan torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan Torsi (T) dengan kecepatan anguler poros (n) dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_e = \frac{T \times 2 \times \pi \times n}{60 \times 75} = \frac{T \times 2 \times \pi \times n}{4500} = \frac{T \times n}{716,2} \text{ (HP)}$$

Keterangan:

Ne = Daya efektif (hp)

T = Torsi (N.m)

n = Putaran poros engkol (rpm)

2.3.3 *Fuel Consumption* (Fc)

Konsumsi bahan adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 hp selama 1 jam. Bahan bakar akan dialirkan

melalui tabung ukur kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tertentu pada kondisi mesin bekerja. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan ke dalam satuan kg/jam, maka akan diperoleh rumusan:

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \quad (\text{kg/jam})$$

Keterangan:

F_c = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

b = Volume bahan bakar selama t detik (ml)

t = Waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b liter (detik)

ρ = Berat spesifik bahan bakar (kg/liter)

2.3.4 Kebisingan (dB)

Kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kesehatan dan kenyamanan lingkungan yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Umumnya sumber kebisingan dapat berasal dari kegiatan industri, perdagangan, pembangunan, alat pembangkit tenaga, alat pengangkut dan kegiatan rumah tangga. Bunyi yang menimbulkan kebisingan disebabkan oleh sumber suara yang bergetar. Getaran sumber suara ini mengganggu keseimbangan molekul udara sekitarnya sehingga molekul-molekul udara ikut bergetar. Getaran sumber suara ini menyebabkan terjadinya gelombang rambatan energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambatan longitudinal. Semakin jauh sumber bising intensitas bising akan berkurang. Perambatan atau pengurangan tingkat bising dari sumbernya dinyatakan dengan persamaan matematis berikut:

Untuk sumber diam :

$$SL = 20 \log \Delta r \quad (\text{dB})$$

Untuk sumber bergerak :

$$SL = 10 \log \Delta r \quad (\text{dB})$$

Keterangan :

SL = Kebisingan (dB)

r = jarak (m)

Standar kebisingan knalpot motor tercantum dalam UU LLAJ No. 2 Tahun 2009 Pasal 48 Ayat 3b yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.7 tahun 2009, yaitu tingkat kebisingan knalpot motor yang berkapasitas mesin kurang dari 80 cc maksimal kebisingan knalpotnya 80 dB. Untuk motor berkapasitas 80-175 cc dan di atas 175 cc maksimal kebisingan yaitu 90 dB. Berbeda dengan di negara Jepang dengan standar kebisingan yang lebih ketat yaitu maksimal 70 dB (Kikuchi, 1986). Hal ini mengakibatkan desain knalpot kendaraan yang ingin dipasarkan di negara tersebut akan berbeda dibandingkan dengan desain knalpot di negara lain.

2.4 Tekanan *Exhaust Manifold*

Tekanan *exhaust manifold* adalah tekanan yang terukur pada *exhaust manifold* tepat setelah katup *exhaust* ruang bakar. Tekanan tersebut dapat mempengaruhi kinerja motor karena letaknya yang berhubungan langsung dengan proses terjadinya pembakaran. Proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara campuran bahan bakar dan udara yang menghasilkan energi panas. Dengan menerapkan prinsip Bernoulli yang menyebutkan bahwa aliran fluida mengalir dari tempat yang bertekanan tinggi menuju ke tempat bertekanan rendah maka nilai dari tekanan *exhaust manifold* menjadi faktor penting terhadap lancarnya proses gas buang. Tekanan *exhaust manifold* dapat berubah sesuai dengan *back pressure*. Penelitian ini merupakan penelitian perintis dalam menemukan nilai optimal dari tekanan *exhaust manifold* motor bakar bensin. Penelitian yang dilakukan oleh Bajpai (2017) hanya menunjukkan perbandingan nilai *back pressure* pada bahan bakar bensin, LPG, dan alkohol tanpa menyebutkan nilai optimal dari tekanan *exhaust manifold* disetiap bahan bakar. Penelitian relevan lainnya dilakukan oleh Putra (2013) dengan judul "Pengaruh Penggunaan Knalpot Standar dan Racing Terhadap Tekanan Balik, Suhu dan Bunyi pada Sepeda Motor

4Tak" dan penelitian oleh Permanasari (2014) dengan judul "Pengaruh Variasi Sudut Butterfly Valve pada Pipa Gas Buang Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah".



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental. Metode ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja motor berbahan bakar bensin yang dihasilkan dengan adanya pemberian variasi penutupan pada lubang knalpotnya.

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Desember 2018 di Laboratorium Kerja Bangku dan Plat Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan Dealer Yamaha Surya Inti Putra Gajahmada Jember.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

Sedangkan alat dan bahan yang digunakan adalah :

a. Knalpot standar pabrik Yamaha dengan spesifikasi motor :

Model	:	Yamaha Jupiter Z
Diameter x langkah	:	51 x 54 mm
Daya maksimum	:	9,0 PS/8000 rpm
Torsi maksimum	:	9,2 N.m/5000 rpm
Jumlah silinder	:	1 (satu)
Volume langkah	:	110,3 cc
Perbandingan kompresi	:	9,3 : 1
Sistem pengapian	:	DC – CDI, Battery

b. Motor Cycle Dynamometer dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk : *Rextor Sportdyno*

Type : *Motor Cycle SP1/SP2/SP3 V3.3*

Perlengkapan Pendukung:

∞ Terminal sensor *Dynotest*

∞ Sensor kecepatan putaran mesin

∞ Sensor kecepatan *roller dynamometer*

c. Buret

d. *Stop watch*

e. Seperangkat komputer

f. Sensor Tekanan

g. *Sound Meter*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : pertalite dengan nilai oktan standar Pertamina

3.3.3 Variabel Bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Variasi Perlakuan

1. Variasi perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi penutupan lubang knalpot 0%, 25%, 50%, dan 75% bagiannya.
2. Pengaturan *throttle* yang diuji yaitu ketika dalam keadaan full open *throttle*.

3.3.4 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variable terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian motor bakar. Tujuan dari pengujian motor bakar adalah untuk

mengetahui unjuk kerja mesin tersebut dengan menganalisa data-datanya yang meliputi:

- a. Torsi (T).
- b. Daya efektif (Ne).
- c. Fuel Consumption (Fc).
- d. Kebisingan (dB)

3.4 Prosedur Penelitian

Seluruh pengambilan data dilakukan diatas peralatan *Dynamometer* dan terlebih dahulu memposisikan roda belakang tepat berada pada atas *roller*.

3.4.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian dilakukan terlebih dahulu kita mempersiapkan alat yang akan kita uji yaitu knalpot yang sudah terpasang katup penutup. Setelah semua sudah siap, dilakukan pengecekan alat uji seperti, blower, kondisi mesin motor, dan kondisi mesin uji (*Dynamometer*) yaitu pada kondisi *roller dynamometer*.

3.4.2 Tahap Penelitian

Tahap yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan Pengujian

Setelah proses penyusunan peralatan dan motor uji sudah terpasang dengan baik pada *dynamometer* maka dilakukan proses pengecekan pada kondisi pemasangan motor, pengecekan terhadap alat ukur dan sensor-sensor ukur yang terhubung pada terminal *dynamometer* serta mencatat kondisi ruangan pengujian yaitu suhu dan kelembaban udara ruangan.

b. Tahap Pengujian

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

1. Menghidupkan mesin dan memposisikan ke gigi 3.
2. Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai keadaan *full open throttle*.
3. Menstart pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin dyno tester.
Pengujian dilakukan dengan membuka throttle dibuka secara cepat hingga throttle terbuka penuh dan mencapai putaran 9000 rpm..

Pengujian pertama dilakukan dengan knalpot keadaan normal untuk mendapatkan data standart sebagai pembanding.

4. Melakukan pencatatan dari hasil data yang diperoleh, yaitu ; tekanan, torsi, daya, konsumsi bahan bakar dan kebisingan.
5. Pengambilan data selesai (memberhentikan proses pengambilan data pada mesin *dynamometer*).
6. Mematikan motor.
7. Mengulangi pengujian sebanyak 3x.
8. Mengganti plat penutup knalpot tertutup 50% dan 75% bagian sampai pengambilan data selesai.
9. Untuk menguji tekanan *exhaust manifold* dilakukan pada putaran mesin 9000 rpm *full open throttle* dan mencatat nilai yg ditunjukkan sensor tekanan manifold.
10. Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan pada saat bukaan full throttle gigi 3 sampai putaran mesin mencapai 9000 rpm. Pengujian dilakukan dengan konsumsi bahan bakar tiap variasi penutupan sebesar 30 ml pertalite dan di catat waktu serta sisa bahan bakar dalam waktu tersebut.
11. Untuk menguji kebisingan dilakukan pada putaran mesin 9000 rpm dengan meletakkan *sound meter* sejauh 1,5m dari lubang knalpot. Catat nilai kebisingan saat pengujian tersebut.

c. Akhir Pengujian

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai, langkah yang selanjutnya adalah:

1. Mematikan semua alat elektronik yang dipergunakan selama pengujian.
2. Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji.
3. Menurunkan motor uji dan memeriksa seluruh keadaan bagian mesin uji (*Dynamometer*) serta motor uji.

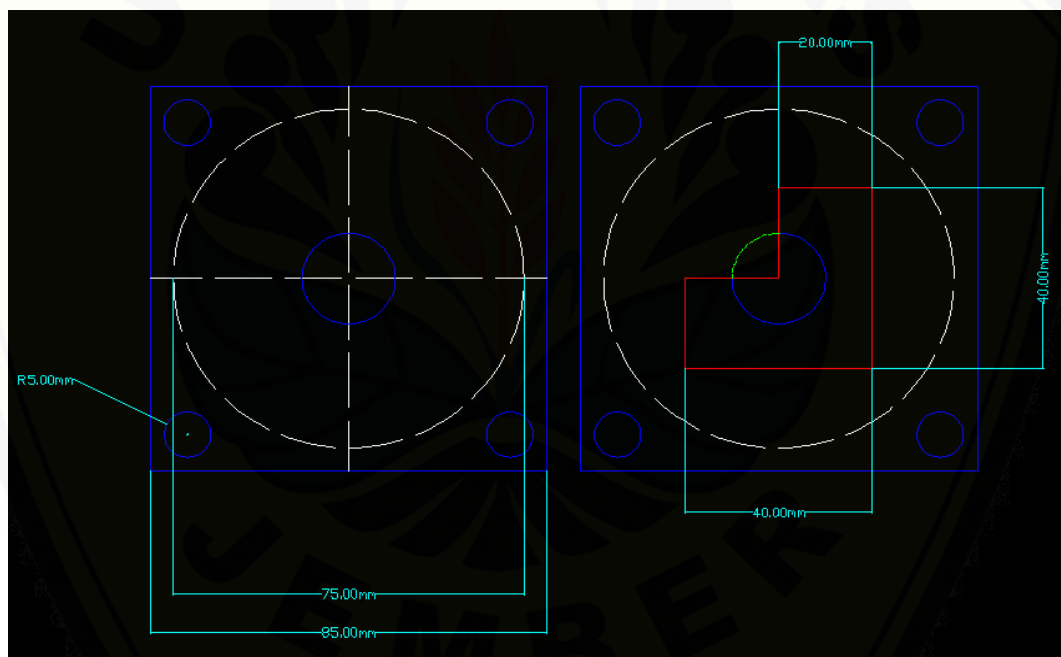
d. Pengolahan Data

Dari data-data diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar dalam bentuk grafik. Data yang didapat berupa nilai sebagai berikut:

1. Torsi (T)
2. Daya efektif (Ne)
3. *Fuel Consumption* (Fc)
4. Kebisingan (dB)

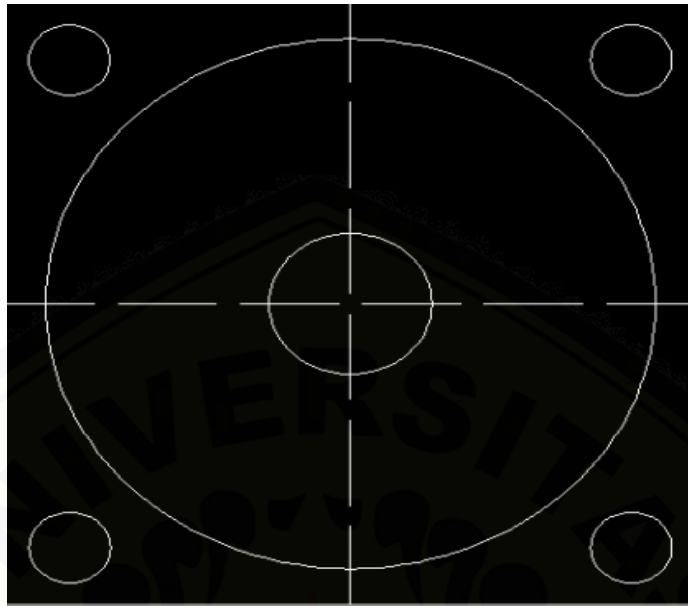
3.5 Desain Variasi Penutup

Desain variasi penutup 0%, 25%, 50% dan 75% ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



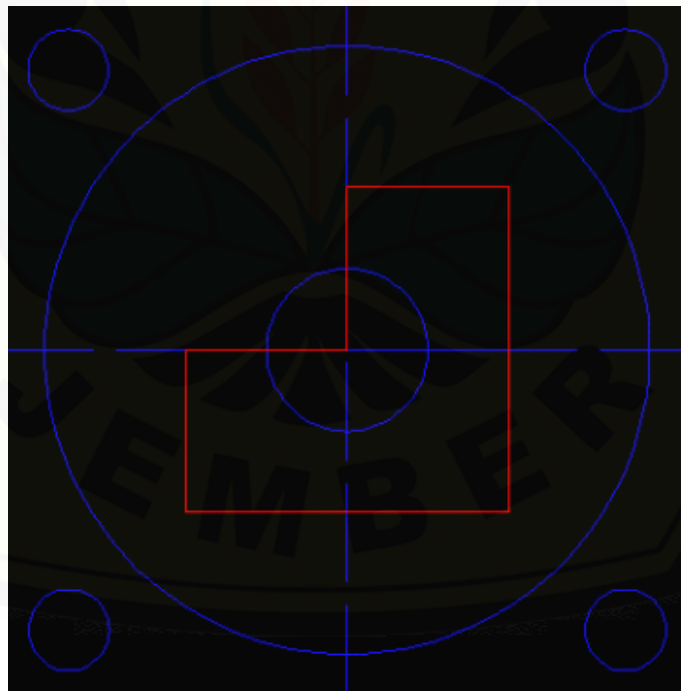
Gambar 3.1 Desain Plat Penutup Beserta Ukurannya

a. Variasi 0%



Gambar 3.2 Plat penutup variasi 0%

b. Variasi 25%



Gambar 3.3 Plat penutup variasi 25%

c. Variasi 50%



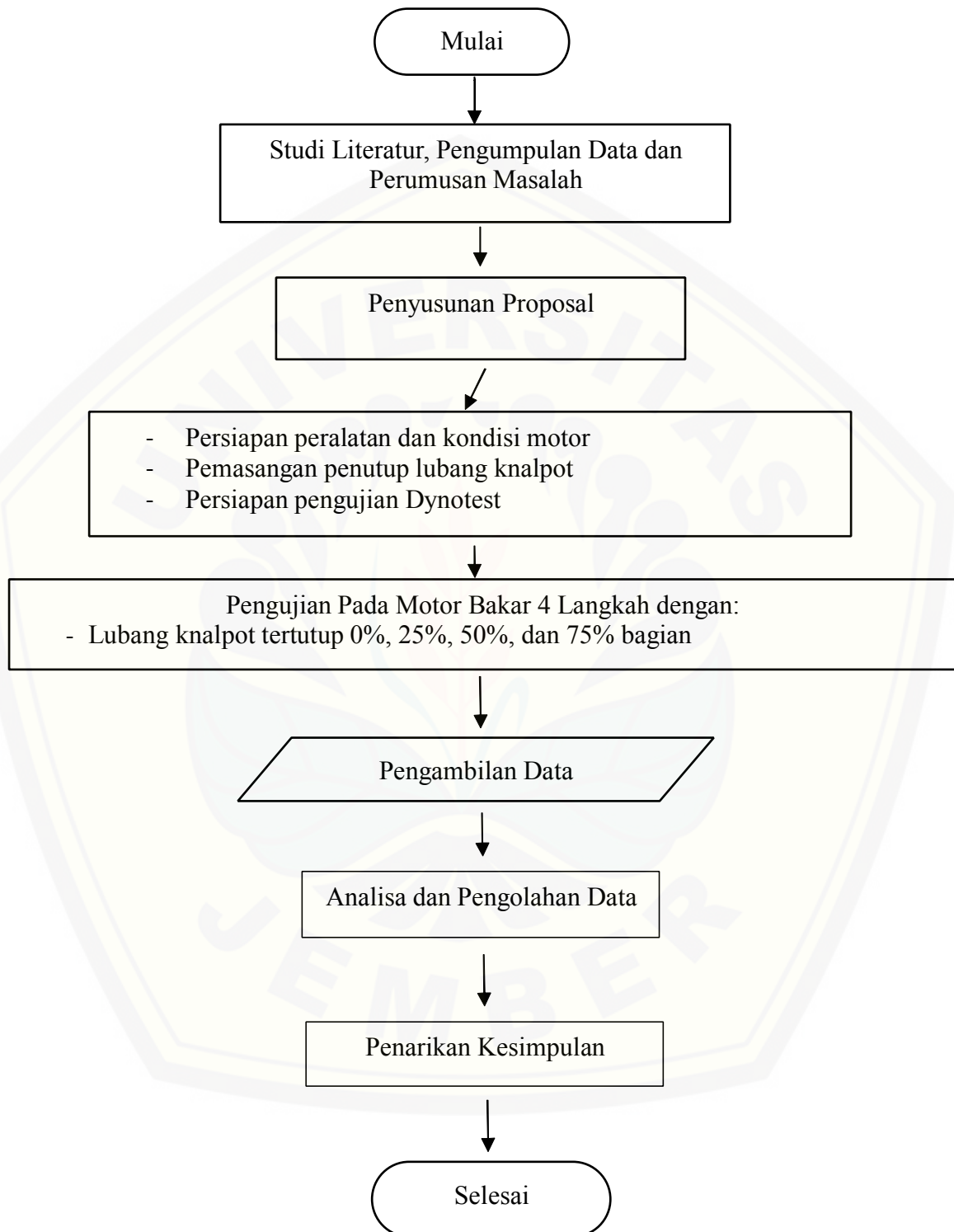
Gambar 3.4 Plat penutup variasi 50%

d. Variasi 75%



Gambar 3.5 Plat penutup variasi 75%

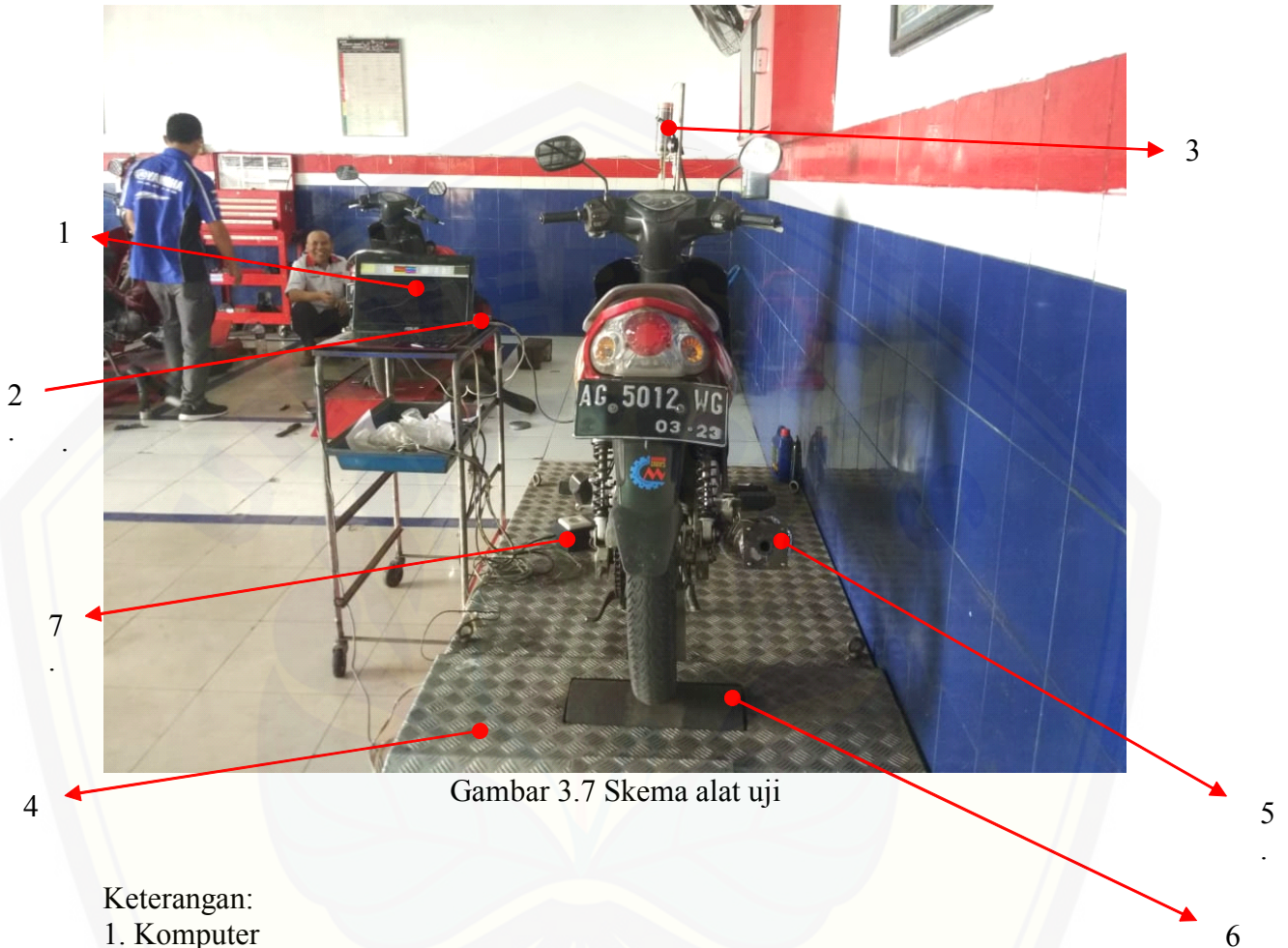
3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

3.7 Skema Alat Uji

Skema susunan alat uji yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.7

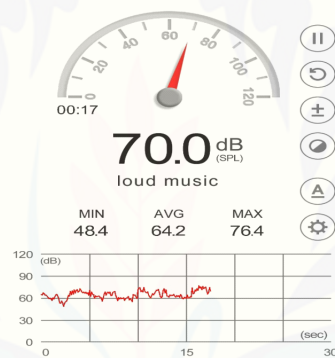


Keterangan:

1. Komputer
2. Konsol konversi
3. Buret
4. *Chassis Dyno test*
5. Plat penutup
6. Roller
7. Sensor *manifold pressure*



Gambar 3.8 Sensor *manifold pressure*



Gambar 3.9 Aplikasi *Sound Meter*

3.8 Hipotesa

Hipotesa yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan besarnya nilai tekanan pada *exhaust manifold* dapat mengakibatkan penurunan unjuk kerja motor bakar bensin 4 langkah.
2. Peningkatan besarnya nilai tekanan pada *exhaust manifold* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar motor bakar bensin 4 langkah.
3. Peningkatan besarnya nilai tekanan pada *exhaust manifold* dapat menurunkan tingkat kebisingan motor bakar bensin 4 langkah.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil dari pengujian mengenai pengaruh tekanan *exhaust manifold* terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah berbahan bakar pertalite adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan variasi standar 0% sebagai pembanding, nilai Torsi (T) terbesar diperoleh ketika nilai tekanan *exhaust manifold* 19,1 kPa yaitu pada variasi penutupan lubang knalpot 25% dengan nilai torsi sebesar 8,16 Nm pada putaran 5750 rpm. Sedangkan nilai daya terbesar yaitu pada variasi penutupan lubang knalpot 25% dengan nilai 7,52 hp pada putaran 7750 rpm.
2. Tekanan tinggi pada *exhaust manifold* yang terjadi pada variasi 75% penutupan lubang knalpot terbukti membuat motor lebih hemat dengan tingkat *fuel consumption* rendah bila dibandingkan dengan variasi 25% dan 50% yaitu pada nilai tekanan 20,4 kPa menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar sebesar 1,78 kg/jam, turun 18% dari kondisi standart.
3. Tekanan tinggi pada *exhaust manifold* yang terjadi pada variasi 75% penutupan lubang knalpot terbukti lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan variasi 25% dan 50% yaitu pada nilai kebisingan sebesar 73,4 dB, turun 2,2% dari kondisi standart.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan kepada peneliti berikutnya antara lain :

1. Pada penelitian selanjutnya hendaknya perlu ditambahkan uji emisi dan *air-fuel ratio* dalam pengambilan data tujuannya untuk melengkapi dan memudahkan dalam menarik kesimpulan.
2. Pada penelitian ini, pembagian variasi penutupan terbilang terlalu signifikan. Diharapkan bagi penelitian selanjutnya ketika pemilihan

variasi penutupan lebih kecil skala ukuran prosentasenya (5%, 10%, 15%) guna menemukan tekanan optimal untuk unjuk kerja mesin.

3. Pada saat pengujian kebisingan terdengar suara-suara dari lingkungan yang tidak diperlukan dalam pengujian, sehingga perlu lebih teliti dalam pemilihan tempat pengujian.



DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2017. *Ini Aturan Mengenai Standar Kebisingan Knalpot Motor*. <http://ayoselamat.org> [Diakses pada 3 Januari 2019].

Arifuddin. 1999. *Penggerak mula motor bakar torak*. Universitas Gunadarma.

Badan Pusat Statistik. 2014. *Statistical Yearbook of Indonesia 2014*. Jakarta : Badan Pusat Statistik.

Bajpai, K., Chandrakar, A., Agrawal, A., Shekhar, S. 2017. *CFD Analysis of Exhaust Manifold of SI Engine and Comparison of Back Pressure Using Alternative Fuels*. Jurnal Teknik Mesin dan Sipil (IOSR-JMCE), 14(I), 23-29.

Chan, S. H., dan Hoang, D. L. 2000. *Heat Transfer and Chemical Reactions in Exhaust System of a Cold-Start Engine*. International Journal of Heat and Mass Transfer 42 No. 22, pp. 4165±4183.

Davis, P.O.A.L. 1996. *Piston Engine Intake and Exhaust System Design*. Journal of Sound And Vibration, 190(4), 677-712.

Domkundwar, V.M. 2011. *Internal Combustion Engine*. Dhampat rai Co.Ltd. New Delhi.

Hidayat, W. 2012. *Motor Bensin Modern*. Jakarta : Rineka Cipta.

Iluvia. 2014. *Sistem Gas Buang Sepeda Motor*. www.slideserve.com [Diakses pada 6 Juni 2018].

Jain, S., dan Agrawal, A. 2013. *Coupled Thermal–Structural Finite Element Analysis for Exhaust Manifold of an Off-Road Vehicle Diesel Engine*. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-3, Issue-4.

Kikuchi, K., dan Sakai, M. 1986. *Noise Control Standard in the City of Tokyo*. Jurnal, 13(1), S51–S54. Elsevier.

Kristian, Y. 2015. *Pengaruh Sudut Pengapian Terhadap Unjuk Kerja Motor 4 Langkah Berbahan Bakar Campuran Premium dan Methanol*. Jember. Universitas Jember.

Permanasari, A. 2014. *Pengaruh Variasi Sudut Butterfly Valve pada Pipa Gas Buang Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah*. Malang. Universitas Negeri Malang.

Putra, W. 2013. *Pengaruh Penggunaan Knalpot Standar dan Racing Terhadap Tekanan Balik, Suhu dan Bunyi pada Sepeda Motor 4Tak*. Padang. Universitas Negeri Padang.

Sanata, A. 2011. *Pengaruh Diameter Pipa Saluran Gas Buang Tipe Straight Throw Muffler Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah*. Jurnal Rotor, 4(1), 32-39.

Subronto, T. 2017. *Catalytic Converter*. www.carmudi.co.id. [Diakses pada 6 Juni 2018].

Teja, M. A., Ayyappa, K., Katam, S., Anusha, P. 2016. *Analysis of Exhaust Manifold using Computational Fluid Dynamics*. Fluid Mechanics : Open Access, 3(1), 1-16.

Umesh K. S, Pravin V. K, dan Rajagopal K. 2013. “*Experimental Investigation of Various Exhaust Manifold Designs and Comparison of Engine Performance Parameters for These to Determine Optimal Exhaust Manifold Design for Various Applications*” ACEEE Conference Proceedings Series, 2, 711-730.

Undang-Undang LLAJ Nomor 2 Tahun 2009. Persyaratan Teknis dan Laik Jalan Kendaraan Bermotor. Lembaran Negara Republik Indonesia. Jakarta.

Wasik, C. 2017. *Pengaruh Gap Elektroda Busi Terhadap Kinerja Motor Bakar 4 Langkah Berbahan Bakar LPG*. Jember. Universitas Jember.

LAMPIRAN

Lampiran A. Perhitungan

Perhitungan pada skripsi yang berjudul “*Pengaruh Tekanan Pada Exhaust Manifold Terhadap Daya Motor Bakar Bensin*” adalah sebagai berikut.

- 1) Tekanan (p), terukur pada hasil pengujian
- 2) Torsi (T), terukur pada hasil pengujian
- 3) Daya (Ne), terukur pada hasil pengujian
- 4) Fuel Consumption (Fc)

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

dimana :

b = volume bahan bakar yang habis (ml)

t = waktu (s)

ρ bb = berat jenis bahan bakar (kg/l)

ρ pertalite = 0.715 (kg/l)

$$\begin{aligned} \text{a) } F_c \text{ Variasi 0\%} &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \text{ bb kg/jam} \\ &= \frac{6.6}{7.7} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,715 = 2.18 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } F_c \text{ Variasi 25\%} &= \frac{b}{t} \cdot \gamma \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \text{ bb kg/jam} \\ &= \frac{6.83}{9.03} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,715 = 1.93 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } F_c \text{ Variasi 50\%} &= \frac{b}{t} \cdot \gamma \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \text{ bb kg/jam} \\ &= \frac{6.3}{8.54} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,715 = 1.87 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{d) } F_c \text{ Variasi 75\%} = \frac{b}{t} \cdot \gamma \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \text{ bb kg/jam}$$

$$= \frac{6.23}{8.93} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,715 = 1.78 \text{ kg/jam}$$

- 5) Kebisingan (dB), terukur pada hasil pengujian.



Lampiran B. Rata-rata Tabel

B.1 Tabel tekanan disetiap variasi pada gigi 3 saat putaran mesin 9000 rpm.

9000 rpm				
Variasi (%)	Tekanan 1 (kPa)	Tekanan 2 (kPa)	Tekanan 3 (kPa)	Tekanan Rata-rata (kPa)
0	17.3	18.1	20.7	18.70
25	18.6	19.4	19.3	19.10
50	20.2	19.6	19.9	19.90
75	19.2	20.8	21.2	20.40

B.2 Tabel torsi disetiap variasi pada gigi 3

a. Torsi pada penutupan lubang knalpot variasi 0%

RPM	Torsi 1	Torsi 2	Torsi 3	Rata-rata (N.m)
5000	7.76	8.06	8.1	7.97
5250	7.92	8.12	8.28	8.11
5500	7.98	8.34	8.04	8.12
5750	8.15	8.36	8.42	8.31
6000	8.1	8.36	8.37	8.28
6250	8.06	8.34	8.22	8.14
6500	7.32	7.98	8.09	7.80
6750	7.68	7.71	7.84	7.74
7000	7.35	7.69	7.73	7.59
7250	7.38	7.46	7.56	7.47
7500	7.22	7.34	7.3	7.29
7750	6.97	6.98	7.11	7.02
8000	6.54	6.59	6.62	6.58
8250	5.93	6.11	6.13	6.06
8500	5.73	5.57	5.89	5.73
8750	5.42	5.27	5.42	5.37
9000	4.9	5.02	5.21	5.04

b. Torsi pada penutupan lubang knalpot variasi 25%

RPM	Torsi 1	Torsi 2	Torsi 3	Rata-rata (N.m)
5000	7.95	7.61	7.91	7.82
5250	8.13	7.77	7.97	7.96
5500	8.12	7.83	8.19	8.05
5750	8.27	8	8.21	8.16
6000	8.22	7.95	8.12	7.96
6250	8.07	7.91	8.15	8.04
6500	7.94	7.17	7.83	7.65
6750	7.69	7.53	7.56	7.77
7000	7.58	7.2	7.54	7.44
7250	7.41	7.23	7.31	7.32
7500	7.15	7.07	7.19	7.14
7750	6.96	6.82	6.83	6.77
8000	6.47	6.39	6.44	6.6
8250	5.98	5.78	5.96	5.91
8500	5.74	5.58	5.42	5.58
8750	5.27	5.27	5.12	5.22
9000	5.06	4.75	4.87	4.89

c. Torsi pada penutupan lubang knalpot variasi 50%

RPM	Torsi 1	Torsi 2	Torsi 3	Rata-rata (N.m)
5000	7.2	7.55	7.61	7.45
5250	7.32	7.58	7.83	7.58
5500	7.46	8.25	7.75	7.82
5750	7.62	7.77	7.93	7.77
6000	7.68	7.99	7.92	7.86
6250	7.85	8.01	8.07	7.98
6500	7.8	7.92	8.02	7.91
6750	7.76	7.95	7.87	7.86
7000	7.02	7.63	7.97	7.54
7250	7.38	7.36	7.49	7.41
7500	7.05	7.34	7.38	7.26
7750	7.08	7.11	7.21	7.13
8000	6.92	6.99	6.95	6.95
8250	6.67	6.63	6.76	6.69
8500	6.24	6.24	6.27	6.25
8750	5.63	5.76	5.78	5.72
9000	5.43	5.22	5.54	5.40

d. Torsi pada penutupan lubang knalpot variasi 75%

RPM	Torsi 1	Torsi 2	Torsi 3	Rata-rata (N.m)
5000	7.32	7.42	7.17	7.30
5250	7.4	7.46	7.1	7.32
5500	7.43	8.1	7.22	7.58
5750	7.56	8.33	7.36	7.75
6000	7.62	8.35	7.52	7.83
6250	7.84	8.36	7.58	7.93
6500	7.86	8.22	7.75	7.94
6750	7.77	7.97	7.7	7.81
7000	7.8	7.72	7.66	7.73
7250	7.48	7.66	6.92	7.35
7500	7.21	7.42	7.28	7.30
7750	7.19	7.2	6.95	7.11
8000	6.96	6.97	6.98	6.97
8250	6.84	6.58	6.82	6.75
8500	6.48	6.1	6.57	6.38
8750	6.09	5.59	6.14	5.94
9000	5.61	5.23	5.53	5.46

B.2 Tabel daya disetiap variasi pada gigi 3

a. Daya pada penutupan lubang knalpot variasi 0%

RPM	Daya 1	Daya 2	Daya 3	Rata-rata (hp)
5000	5.438	5.566	5.709	5.57
5250	5.872	5.977	6.087	5.98
5500	6.178	6.442	6.385	6.34
5750	6.58	6.12	6.23	6.31
6000	6.85	7.074	7.095	7.01
6250	7.14	7.253	7.261	7.22
6500	7.155	7.22	7.24	7.21
6750	7.293	7.369	7.428	7.36
7000	7.298	7.561	7.652	7.50
7250	7.531	7.594	7.683	7.60
7500	7.634	7.632	7.743	7.67
7750	7.371	7.622	7.763	7.59
8000	7.377	7.456	7.547	7.46
8250	7.261	7.438	7.811	7.50
8500	6.873	6.727	7.069	6.89
8750	6.701	6.474	6.737	6.64
9000	6.197	6.495	6.543	6.41

b. Daya pada penutupan lubang knalpot variasi 25%

RPM	Daya 1	Daya 2	Daya 3	Rata-rata (hp)
5000	5.28	5.421	5.387	5.36
5250	5.288	5.559	5.416	5.42
5500	5.722	5.9	5.827	5.82
5750	5.764	5.847	5.833	5.81
6000	6.43	6.08	6.7	6.40
6250	6.7	6.945	6.924	6.86
6500	6.99	7.111	7.103	7.07
6750	7.1	7.09	7.07	7.09
7000	7.143	7.278	7.219	7.21
7250	7.148	7.502	7.5	7.38
7500	7.381	7.533	7.444	7.45
7750	7.484	7.593	7.482	7.52
8000	7.221	7.613	7.472	7.44
8250	7.227	7.43	7.306	7.32
8500	7.111	7.661	7.288	7.35
8750	6.97	7.482	6.577	7.01
9000	6.551	6.883	7.2	6.88

c. Daya pada penutupan lubang knalpot variasi 50%

RPM	Daya 1	Daya 2	Daya 3	Rata-rata (hp)
5000	5.302	5.02	5.16	5.16
5250	5.021	5.18	5.087	5.10
5500	5.459	5.188	5.316	5.32
5750	5.8	5.622	5.727	5.72
6000	5.747	5.664	5.733	5.71
6250	5.98	6.33	6.6	6.30
6500	6.845	6.6	6.824	6.76
6750	7.011	6.69	7.003	6.90
7000	6.99	7	6.97	6.99
7250	7.178	7.043	7.119	7.11
7500	7.402	7.048	7.4	7.28
7750	7.433	7.281	7.344	7.35
8000	7.493	7.384	7.382	7.42
8250	7.513	7.121	7.372	7.34
8500	7.33	7.127	7.206	7.22
8750	7.561	7.011	7.188	7.25
9000	7.382	6.87	6.477	6.91

d. Daya pada penutupan lubang knalpot variasi 75%

RPM	Daya 1	Daya 2	Daya 3	Rata-rata (hp)
5000	5.371	5.14	4.76	5.09
5250	5.252	5.21	4.97	5.14
5500	4.971	5.137	5.13	5.08
5750	5.409	5.366	5.138	5.30
6000	5.75	5.777	5.572	5.70
6250	5.697	5.437	5.614	5.58
6500	5.93	6.65	6.28	6.29
6750	6.795	6.874	6.55	6.74
7000	6.457	6.872	6.64	6.66
7250	6.94	7.02	6.95	6.97
7500	7.128	7.169	6.993	7.10
7750	7.352	6.88	6.998	7.08
8000	7.383	7.394	7.231	7.34
8250	7.443	7.432	7.334	7.40
8500	7.463	7.422	7.071	7.32
8750	7.28	7.256	7.077	7.20
9000	7.511	7.238	6.961	7.24

B3. Tabel Kebisingan (dB)

a. Variasi penutupan 0% lubang knalpot

Uji 1 (dB)	Uji 2(dB)	Uji 3 (dB)	Rata"
77.1	71.4	76.8	75.1

b. Variasi penutupan 25% lubang knalpot

Uji 1 (dB)	Uji 2(dB)	Uji 3 (dB)	Rata"
74.6	73.6	76.2	74.8

c. Variasi penutupan 50% lubang knalpot

Uji 1 (dB)	Uji 2(dB)	Uji 3 (dB)	Rata"
75.8	73.9	72.3	74

d. Variasi penutupan 75% lubang knalpot

Uji 1 (dB)	Uji 2(dB)	Uji 3 (dB)	Rata"
72.3	74.1	73.8	73.4

B4. Tabel *Fuel Consumption* (F_c)

a. Variasi penutupan 0% lubang knalpot

V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	Rata"
6.3	6.7	6.8	6.6
t1 (s)	t(s)2	t3 (s)	
8	7.8	7.3	7.7
		V/t	0.85
		Kg/jam	2.18

b. Variasi penutupan 25% lubang knalpot

V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	Rata"
7.2	6.3	7	6.83
t1 (s)	t(s)2	t3 (s)	
8.83	9.52	8.76	9.03
		V/t	0.75
		Kg/jam	1.93

c. Variasi penutupan 50% lubang knalpot

V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	Rata"
6.2	6.8	6.1	6.3
t1 (s)	t(s)2	t3 (s)	
8.16	8.24	9.23	8.54
		V/t	0.73
		Kg/jam	1.87

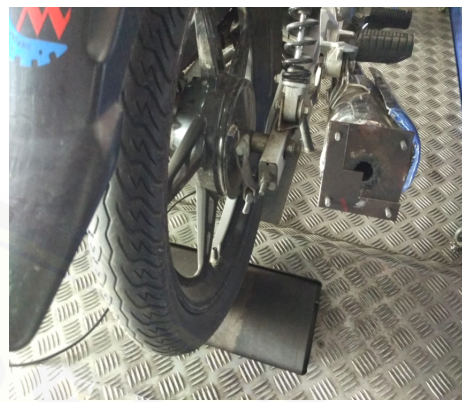
d. Variasi penutupan 75% lubang knalpot

V1 (ml)	V2 (ml)	V3 (ml)	Rata"
5.8	6.2	6.7	6.23
t1 (s)	t2(s)	t3 (s)	
9.1	9	8.7	8.93
		V/t	0.69
		Kg/jam	1.78

Lampiran C. Alat dan Bahan Penelitian



A



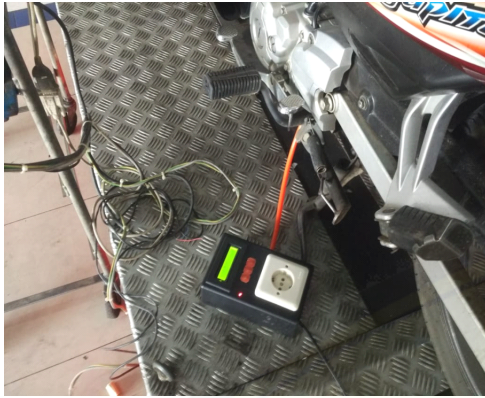
B



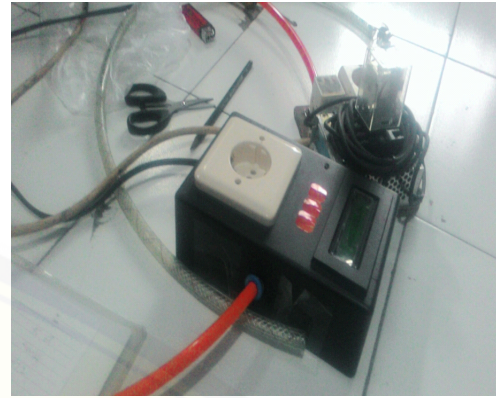
C



D



E



F



G

Keterangan :

- A. Roller
- B. Plat tutup variasi 25%
- C. Plat tutup variasi 50%
- D. Plat tutup variasi 75%
- E. Sensor *manifold pressure*
- F. Kalibrasi sensor *manifold pressure* dengan *industrial standard*
- G. *Exhaust Manifold* yang sudah dilubangi untuk tempat mengukur tekanan