

# Pengukuran Efisiensi Volumetrik Untuk Motor Bensin Berbasis Karburator

Albertus Alvin Wahyudi dan Arka Dwinanda Soewono

Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Banten, Indonesia

**Abstrak** — Mesin otto merupakan salah satu sumber energi utama yang digunakan untuk mengkonversi bahan bakar menjadi energi mekanik untuk menggerakkan kendaraan, baik mobil maupun sepeda motor. Dalam upaya untuk meningkatkan performa mesin, instrumen berupa bangku uji sering digunakan untuk mengukur efisiensi mesin otto. Dalam penelitian ini, proses rancang bangun bangku uji dilakukan dengan tujuan untuk mengukur efisiensi volumetrik dan *engine power loss* dari mesin motor dengan bahan bakar bensin. Dari hasil pengujian untuk mesin dalam kondisi tanpa beban (*idle*), diketahui bahwa efisiensi volumetrik terbesar adalah sebesar 66,7% pada saat kondisi katup terbuka penuh. Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi volumetrik dari motor bakar adalah putaran mesin, di mana efisiensi volumetrik menurun pada saat putaran mesin makin cepat. Selain itu, perhitungan *engine power loss* menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, *engine power loss* semakin bertambah yang mungkin disebabkan oleh adanya peningkatan *friction loss* dan *pumping loss*.

**Index Terms** — Bangku uji, Efisiensi volumetrik, *Engine loss*, Karburator.

## I. PENDAHULUAN

DI Indonesia dan negara berkembang lainnya, sepeda motor merupakan alat transportasi utama bagi sebagian besar masyarakat. Hal ini dikarenakan harga dari sepeda motor yang relative terjangkau dan biaya perawatan yang murah menjadi alasan utama masyarakat banyak menggunakan sepeda motor. Sumber penggerak utama dari sepeda motor adalah motor bakar yang bekerja berdasarkan prinsip kerja mesin otto [1]. Pada umumnya, meskipun sepeda motor dengan teknologi injeksi sudah beredar di pasaran, masih banyak sepeda motor yang dipakai di Indonesia menggunakan teknologi karburator. Pada dasarnya, karburator merupakan alat yang digunakan untuk mencampur bahan bakar (bensin) dengan udara sebelum masuk ke ruang bakar. Campuran bensin-udara ini masuk ke ruang bakar karena `dihisap` oleh pergerakan piston pada silinder.

Teknologi karburator memiliki keunggulan utama yaitu lebih murah dibandingkan sistem injeksi dikarenakan jumlah komponen karburator lebih sedikit dan tidak kompleks sehingga dapat menekan biaya produksi. Oleh sebab itu, perawatan sepeda motor dengan teknologi karburator juga menjadi mudah dan sederhana. Kemudian, performa motor dengan sistem karburator juga dapat lebih mudah ditingkatkan

karena sistem bekerja dengan menggunakan komponen mekanikal di mana pemilik motor dapat mengganti beberapa komponen seperti ukuran nose jet untuk dapat merubah pengaturan kondisi proses pembakaran di ruang bakar. Kelemahan utama dari motor dengan karburator yaitu butuh penyetulan yang tepat agar campuran bahan bakar dan udara atau air-fuel ratio (AFR) yang masuk ke dalam ruang bakar dalam kondisi optimal. Bila pengaturan AFR tidak tepat, motor bersistem karburator menjadi lebih boros bahan bakar.

Salah satu tantangan utama di industri otomotif saat ini yaitu bagaimana meningkatkan efisiensi dari mesin kendaraan bermotor sehingga dapat hemat bahan bakar dan meminimalisasi emisi gas buang. Untuk dapat mencapai tujuan ini, banyak studi eksperimen telah dilakukan untuk mempelajari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi dan kinerja dari motor bakar berbasis sistem karburator [2, 3]. Penelitian lampau pada umumnya lebih difokuskan pada pengukuran tenaga dan torsi dari mesin, serta hasil uji emisi gas buang. Akan tetapi, studi tentang parameter lain seperti efisiensi volumetrik (volumetric efisiensi) masih jarang, meskipun efisiensi volumetric memegang peranan penting karena dapat digunakan sebagai indikator seberapa efektif kemampuan motor bakar dalam menghisap udara masuk ke dalam ruang bakar [3]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dilakukanlah proses perancangan bangku uji mesin sepeda motor dengan bahan bakar bensin yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi volumetrik dan *engine power loss*.

## II. METODOLOGI DAN DESAIN EKSPERIMEN

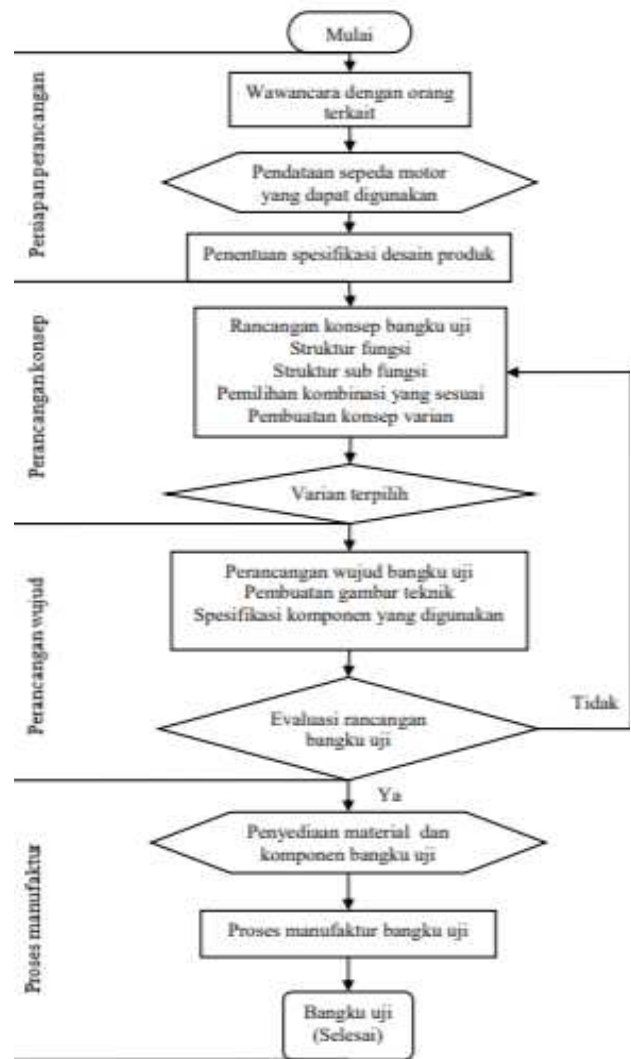
Proses perancangan rangka bangku uji diawali dengan penentuan daftar kehendak dari bangku uji yang akan dibuat. Daftar kehendak ini berangkat dari spesifikasi desain produk yang telah ditentukan sebelumnya. Daftar kehendak menunjukkan hal-hal apa saja yang harus dipenuhi (*demand*) dan hal apa saja yang tidak harus ada (*wishes*) didalam konsep perancangan agar dapat mewujudkan bangku uji mesin sepeda motor berbasis sistem karburator. Daftar kehendak perancangan bangku uji mesin sepeda motor berbasis sistem karburator dapat dilihat dalam Tabel 1.

Metode perancangan secara sistematis yang digunakan merujuk pada metode VDI yang dijabarkan oleh G. Pahl dan W. Beitz [4]. Langkah kerja metode ini meliputi penjabaran tugas,

† Corresponding author: Arka D.S. (e-mail: arka.soewono@atmajaya.ac.id).  
Manuscript received July 5, 2019

TABEL I  
DAFTAR KEHENDAK PERANCANGAN

FT ATMA JAYA	Daftar Kehendak Bangku Uji Mesin Sepeda Motor Berbasis Sistem Karburator
D/W	PERSYARATAN
	<u>GEOMETRI</u>
D	Panjang maksimum 920 mm
D	Lebar maksimum 680 mm
D	Tinggi maksimum 1050 mm
	<u>MATERIAL</u>
D	Mampu menahan beban hingga 60 kg
W	Mudah dilakukan proses manufaktur
D	Mudah didapatkan
	<u>PENGERAK BANGKU UJI</u>
D	Mampu menahan beban hingga 80 kg
D	Mudah untuk dipindahkan
	<u>OPERASI</u>
D	Mudah dan nyaman untuk dioperasikan
D	Pengamatan dan pencatatan data mudah dilakukan
	<u>FUNGSI</u>
D	Mampu mengukur suhu <i>intake</i> dan <i>exhaust</i>
D	Mampu mengukur kecepatan putaran mesin
D	Mampu mengukur kecepatan aliran udara
D	Mampu mengukur tekanan pada <i>intake manifold</i>



Gambar 1. Diagram tahapan perancangan

perancangan konsep, perancangan wujud sampai pada perancangan detail seperti yang dirangkum di Gambar 1.

Persiapan perancangan bangku uji dimulai dengan melakukan identifikasi masalah. Identifikasi masalah dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, yaitu dengan cara melakukan pengamatan, studi literature, dan wawancara dengan pelaku kegiatan. Dalam kasus ini, proses identifikasi masalah dilakukan dengan cara mewawancarai dosen yang mengajar mata kuliah teknik kendaraan dan kepala laboratorium konversi energi. Dari hasil wawancara yang dilakukan dengan pak Isdaryanto dan pak Arka Soewono, belum tersedia alat bantu pembelajaran berupa bangku uji khususnya untuk mesin sepeda motor.

Setelah berhasil mengidentifikasi masalah, selanjutnya dilakukan pendataan terkait ketersediaan sepeda motor yang dapat digunakan untuk pengujian pada bangku uji. Dari hasil pendataan yang dilakukan, terdapat tiga sepeda motor Honda hasil sumbangan dari perusahaan Astra Honda Motor yang belum digunakan. Dari ketiga sepeda motor yang tersedia, sepeda motor yang akan digunakan untuk bangku uji adalah Honda Vario Techno 110 cc dengan sistem karburator. Alasan pemilihan sepeda motor dengan sistem karburator adalah untuk memahami prinsip dasar dari proses pencampuran bahan bakar dengan udara.

Tahap ketiga yang dilakukan adalah pembuatan spesifikasi desain produk (*product design specification*) untuk menentukan hal-hal apa saja yang harus dipenuhi dari perancangan bangku uji yang akan dibuat. Berikut spesifikasi desain produk dari bangku uji:

- Bangku uji dapat dipindahkan secara manual melalui pintu dengan lebar 800mm
- Getaran yang terjadi pada bangku uji relatif rendah
- Bangku uji dapat dioperasikan oleh penguji secara mudah dan nyaman
- Bangku uji mampu melakukan pengujian efisiensi volumetric dan engine power loss.

Berdasarkan kriteria di atas, rancangan bangku uji yang dipilih dirangkum di Table 2. Parameter yang diukur di bangku uji termasuk putaran mesin (RPM), suhu udara masuk dan gas buang dan debit aliran udara yang masuk ke saluran intake dari mesin. Proses kalibrasi alat ukur tachometer, thermocouple dan anemometer yang digunakan di bangku uji merujuk ke prosedur yang telah ada [5, 6, 7].

TABLE II  
SPESIFIKASI RANCANG BANGUN BANGKU UJI

Komponen	Pilihan
Rangka	Baja Karbon
Sistem Penggerak	Roda Polyuretane
Sistem Peredam	Karet standar <i>Engine Mounting</i>
Pengukuran Putaran Mesin	KRS <i>Tachometer</i>
Pengukuran Temperatur	<i>Thermocouple</i> Tipe K
Pengukuran Debit Udara Masuk	SANFIX GM8902 <i>Anemometer</i>

Data dari pengukuran debit udara masuk di saluran intake kemudian diolah untuk menghitung efisiensi volumetrik berdasarkan teori [8], efisiensi volumetrik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\eta_v = \frac{V_{ac}}{V_{id}} = \frac{Q_{ac}}{Q_{id}} \quad (1)$$

di mana:

- $\eta_v$  : Efisiensi Volumetrik [%]
- $V_{ac}$  : Muatan volume udara yang masuk secara aktual [cc]
- $V_{id}$  : Muatan volume teoritis silinder [cc]
- $Q_{ac}$  : Debit udara yang masuk secara aktual [cc]
- $Q_{id}$  : Debit udara yang masuk secara teoritis [cc]

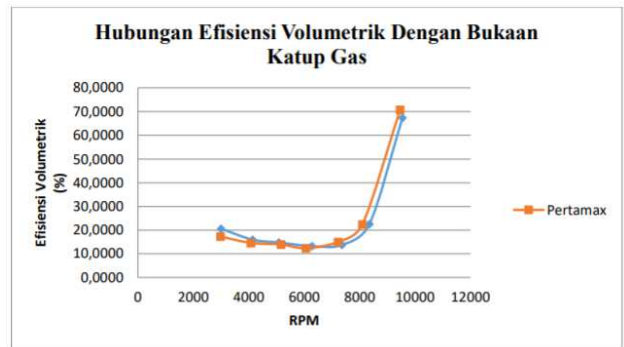
Debit udara yang masuk secara teoritis ( $Q_{id}$ ) dapat dihitung dari kecepatan putaran mesin dan volume silinder mesin. Sedangkan Engine Power Loss ( $EPL$ ) dapat didefinisikan sebagai kerugian energi yang dialami suatu mesin. Faktor-faktor yang membuat engine power loss ini terjadi, seperti efek dari kerugian mekanik, volumetrik, dan termal yang disebabkan arena udara dari luar tidak langsung masuk ke ruang bakar, dan harus melewati filter serta saluran-saluran udara.  $EPL$  dapat dihitung berdasarkan [9].

$$EPL = Q_{bahan\ bakar} - ED_{bahan\ bakar} \quad (2)$$

- $EPL$  : Engine power loss [J/s]
- $Q_{bahan\ bakar}$  : Debit bahan bakar yang telah dikonsumsi [cc/s]
- $ED_{bahan\ bakar}$  : Densitas energi bahan bakar [J/cc]

Adapun kondisi pada saat pengujian dan pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dapat dilakukan pada kondisi tanpa beban (idle).



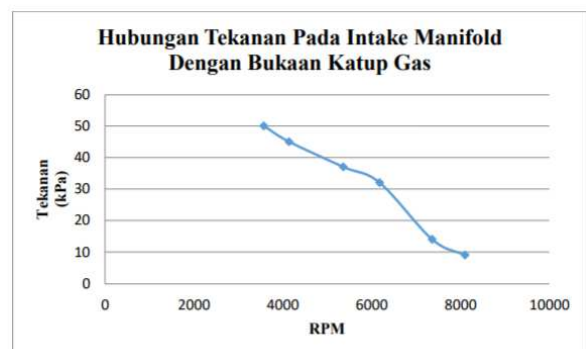
Gambar 2. Pengaruh bukaannya katup gas terhadap efisiensi volumetrik

2. Mesin diasumsikan beroperasi pada kondisi AFR ideal 1:14,7.
3. Temperature udara berkisar antara 30-31oC.
4. Bahan bakar yang dipakai adalah Pertalite
5. Oli mesin yang digunakan standar AHM Oil 10W-30SL

### III. HASIL DAN ANALISA

Dari hasil pengukuran dan perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai efisiensi volumetric pada setiap kondisi bukaannya katup gas berdasarkan putaran mesin. Dari data tersebut kemudian dicari rata-rata efisiensi volumetrik yang diperoleh pada setiap kondisi untuk membantu membuat grafik hubungan efisiensi volumetric dengan bukaannya katup berdasarkan putaran mesin (Gambar 2). Pengujian untuk efisiensi volumetric dilakukan dengan menggunakan dua bahan bakar, yaitu pertalite dan pertamax untuk menguji pola grafik yang terbentuk, karena pengujian efisiensi volumetric tanpa beban belum pernah dilakukan. Dengan melihat dari kedua pola efisiensi volumetric yang terbentuk relative sama, maka dapat dikatakan bahwa pola dari efisiensi volumetric yang terbentuk sudah benar.

Dari grafik yang didapatkan (Gambar 3), dapat dilihat bahwa efisiensi volumetric yang diperoleh akan menurun sampai



Gambar 3. Hubungan tekanan dengan bukaannya katup gas

dengan putaran 6000 RPM, kemudian mengalami peningkatan kembali di 7000RPM dan akan mencapai maksimum pada kondisi katup gas terbuka penuh (*full open throttle*) di 9500 RPM. Hal ini disebabkan saat kondisi *full open throttle*, tekanan pada intake manifold hampir sama dengan tekanan yang ada pada lingkungan sehingga udara lebih mudah terhisap masuk kedalam ruang bakar saat terjadi penurunan tekanan dalam ruang bakar akibat pergerakan piston. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran tekanan pada *intake manifold* terhadap bukaan katup gas yang dilihat berdasarkan kecepatan putaran mesin.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa tingkat kevakuman yang terjadi pada intake manifold akan semakin berkurang seiring dengan penambahan bukaan katup gas yang diindikasikan dari peningkatan RPM. Pada saat bukaan katup gas rendah, katup gas akan berperan sebagai penghambat aliran udara ke intake manifold sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya [8, 10]. Akibatnya tekanan pada intake manifold menjadi lebih rendah dibandingkan tekanan udara di lingkungan. Karena udara mengalir dari tempat yang bertekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah, maka piston harus menciptakan tekanan pada ruang bakar lebih rendah dibandingkan tekanan pada intake manifold, sehingga hanya sedikit udara yang terhisap masuk dan efisiensi volumetric yang diperoleh rendah. Seiring dengan penambahan bukaan katup gas, hambatan yang dihasilkan oleh katup gas akan semakin kecil sehingga tingkat kevakuman pada intake manifold akan semakin kecil dan efisiensi volumetric yang diperoleh akan semakin tinggi.

Hubungan antara efisiensi volumetric dengan putaran dari mesin dapat diamati dengan melihat data yang diperoleh pada putaran 3000 RPM sampai 6000 RPM, dimana kecepatan aliran udara yang terukur oleh anemometer tidak jauh berbeda (Gambar 4) sehingga dapat dikatakan penambahan bukaan katup gas sangat kecil. Hal ini dapat menunjukkan pengaruh putaran mesin terhadap efisiensi volumetric apabila kecepatan aliran udara relatif sama. Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa grafik yang diperoleh akan semakin menurun seiring dengan penambahan kecepatan putaran mesin. Penurunan ini dikarenakan dengan meningkatnya putaran mesin, semakin sedikit waktu bagi udara untuk dapat terhisap masuk kedalam

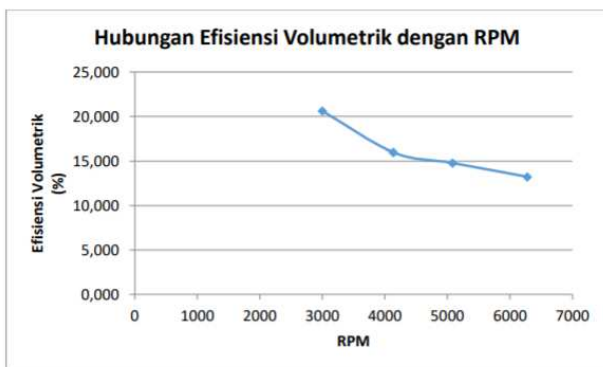
ruang bakar karena lama katup masuk membuka semakin singkat.

Grafik efisiensi volumetric yang diperoleh dari hasil perhitungan berbeda dengan grafik efisiensi volumetric secara teoritis. Hal ini dikarenakan tidak ada beban yang digunakan dalam pengujian ini. Karena tidak ada beban yang diberikan, sedikit penambahan bukaan katup gas dapat meningkatkan putaran mesin secara signifikan sehingga tingkat penambahan debit udara tidak sebanding dengan penambahan RPM yang terjadi. Akibatnya efisiensi volumetric yang diperoleh pada putaran awal (3000-6000 RPM) menurun, tidak seperti grafik efisiensi volumetric teoritis yang seharusnya meningkat. Oleh karenanya alat pemberi beban berupa dygnoengine diperlukan untuk menghasilkan pengujian efisiensi volumetric yang lebih akurat

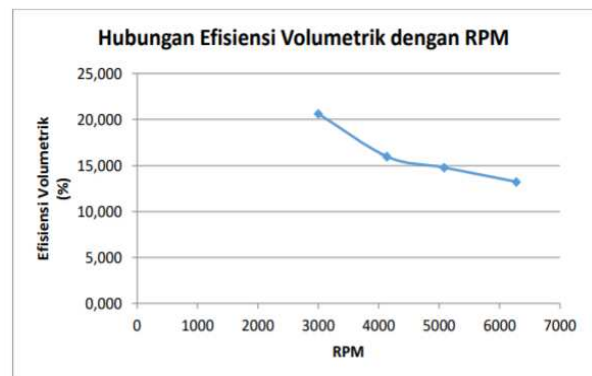
Setelah dilakukan pengukuran, pengelolaan data, dan perhitungan diperoleh besar dari Engine Power Loss (EPL) pada setiap kondisi putaran mesin. Hasil perhitungan untuk rata-rata EPL pada setiap kondisi putarannya dapat dilihat di Gambar 5. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa EPL bertambah besar seiring dengan meningkatnya putaran dari mesin. Hal ini dikarenakan semakin tinggi putaran dari mesin, semakin besar pula jumlah bahan bakar yang dikonsumsi untuk mengatasi kerugian yang disebabkan baik oleh gesekan maupun termal [11, 12].

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, pengujian dan evaluasi maka dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dirancang dan diwujudkan Bangku Uji Mesin Sepeda Motor Berbasis Sistem Karburator Sebagai Persiapan Pengukuran Kinerja Mesin. Bangku uji mampu mengukur efisiensi volumetric dan *Engine Power Loss (EPL)* dari mesin. Pada kondisi tanpa beban nilai efisiensi volumetric maksimum diperoleh pada saat katup gas terbuka penuh (*full open throttle*) yaitu sebesar 67,668%. Pada kondisi kecepatan aliran udara yang relatif sama, efisiensi volumetric yang diperoleh akan semakin menurun seiring dengan penambahan kecepatan putaran mesin (RPM). Dari hasil perhitungan, ditemukan



Gambar 4. Hubungan efisiensi volumetric dengan RPM



Gambar 5. Grafik EPL vs RPM

bahwa *Engine Power Loss* akan semakin bertambah seiring dengan penambahan kecepatan putaran mesin, dengan nilai EPL maksimum 0,021 MJ/s pada putaran 9546 RPM.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryono, G., 2015. Study on the Mechanical Properties of Stay Cable HDPE Sheathing Fatigue in Dynamic Bridge Environments. *Polymers*, Volume 7, p. 1565.
- [2] Haryono, G., 1997. Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar. Semarang : Aneka Ilmu.
- [3] Abbas, B., Yasim, A., Gitano, H., 2014. Review of Air-Fuel Ratio Prediction an Control Methods. *Asian Journal Applied Science* , 471-478.
- [4] Prawoto, 2006, Optimasi Konfigurasi Mainjet dan Slowjet Karburator Motor Bensin. *Jurnal Ilmiah SemestaTeknika*, 60-69
- [5] Pahl, G., Beitz, W., 1988, *Engineering Design: A Systematic Approach*, Translated by Arnold Pomerans and Ken Wallace, Edited by Ken Wallace, London: The Design Council.
- [6] Bonert, R., 1983, Digital Tachometer with Fast Dynamic Response Implemented by Microprocessor, *International Journal of Advance Research in Electrical, Electronics, and Instrumentation Engineering*, 1052-1056.
- [7] Bull, K., 2008, Thermistors and Thermocouples: Matching the Tool to the Task In Thermal Validation. *The Journal Of Validation Technology*, 2.
- [8] Dines, W. H., 1911. Anemometer. *Encyclopedia Britannica*
- [9] Pestic, R., Davinic, A.L., Petkovic, S., Taranovic, D., & M.M,D (2013). Aspect of Volumetric Efficiency Measurement for Recproccating Engines. *Thermal Science* ,35-37.
- [10] Siregar, E. M., 2012. Analisa Implementasi Metode High Performance Tuning Pada Mesin Sepeda Motor Tipe Yamaha 5TP4-tak 180 cc, Universitas Mercubuana, Jakarta.
- [11] Lauber, J., Guerra, T.M, Dambrine, M., 2011. Air Fuel Ratio Control in a Gasoline Engine. *International Journal of System Science* ,Vol. 42, Taylor-Francis, 277-286.
- [12] Mohammed, F.I., Abdalla, M.T., Taha, M.H., 2015, Measurement of Heat and Mechanical Loses in Internal Combustion Engine. Sudan : Sudan University of Science and Technology.