

# EVALUASI KARAKTERISTIK UNJUK KERJA DAN EMISI AKIBAT PENINGKATAN VOLUME SILINDER PADA MESIN EMPAT LANGKAH DENGAN *BORE UP* DAN *STROKE UP*

## PERFORMANCE CHARACTERISTICS AND EMISSION EVALUATION DUE TO AN INCREASE OF CYLINDER VOLUME IN FOUR-STROKE ENGINE WITH *BORE UP* AND *STROKE UP*

Priyambodo N.A. Nugroho<sup>1\*</sup>, Efraim P. Setyayudha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Alumnus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,  
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111  
Email : pr1y4mb0d0@gmail.com

### Abstract

Standard four-stroke gasoline engine with capacity of 135 cc can compete in race like Indoprix 150 cc by increasing the capacity of the cylinder volume. Method to increase the capacity of the cylinder volume are bore up which is installing the bigger piston and cylinder diameter, and stroke up or change the position of Top Dead Point and Bottom Dead Point so piston stroke would be longer. After modification, a performance improvement of torque, power, compression and exhaust emissions occurred compare to the standard. Testing result showed that highest power and torque increase take place in stroke up modification, ie power increase from 11.6 HP to 13.9 HP and torque increase from 12 Nm to 14.58 Nm. In bore up modification, clumps of carbon crust on the piston head and the tip of spark plug indicate an incomplete combustion happened despite an increase of power to 12.6 HP and torque to 12.89 Nm. CO emission only detected in bore up modification, while in standard and stroke modification CO emission were not detected.

Key Words : bore up, gasoline engine, performance, stroke up.

### Abstrak

Motor bensin empat langkah berkapasitas 135 cc dapat bersaing dalam ajang kompetisi balap seperti Indoprix 150 cc dengan meningkatkan kapasitas volume silinder. Cara untuk meningkatkan kapasitas volume silinder diantaranya *bore up* yaitu memasang piston dan silinder yang berdiameter lebih besar, serta *stroke up* atau mengubah posisi Titik Mati Atas dan Titik Mati Bawah sehingga langkah piston lebih panjang. Setelah dilakukan modifikasi, terjadi perbaikan unjuk kerja yaitu torsi, tenaga, kompresi serta emisi gas buang bila dibandingkan dengan standar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan tenaga dan torsi terbesar terjadi pada modifikasi *stroke up* yaitu dari tenaga dari 11,6 HP menjadi 13,9 HP dan torsi 12 Nm meningkat menjadi 14,58 Nm. Pada modifikasi *bore up* terjadi pembakaran tidak sempurna yang terindikasi dari gumpalan kerak karbon pada kepala piston dan ujung busi meskipun terjadi peningkatan tenaga menjadi 12,6 HP dan peningkatan torsi menjadi 12,89 Nm. Emisi gas buang CO hanya terdeteksi pada modifikasi *bore up*, sementara pada kondisi standar dan modifikasi *stroke up* tidak terdeteksi adanya polutan CO.

Kata Kunci : bore up, motor bensin, stroke up, unjuk kerja

## Pengantar

Transportasi adalah pergerakan orang maupun barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Aktivitas transportasi akan meningkat seiring dengan kenaikan kebutuhan masyarakat dan makin bertambahnya jumlah penduduk. Transportasi yang lancar dibutuhkan agar distribusi barang dan jasa semakin mudah. Salah satu alat transportasi yang banyak dipakai masyarakat adalah sepeda motor, yaitu mencapai 81% dari total kendaraan di Indonesia. Data dari Badan Pusat Statistik antara tahun 2004 – 2014 menunjukkan peningkatan jumlah sepeda motor sebanyak empat kali lipat (BPS, 2016). Sepeda motor selain praktis dikendarai, juga lebih ekonomis bila dibandingkan dengan alat transportasi lain seperti mobil.

Produsen sepeda motor dengan perwakilan Agen Tunggal Pemegang Merk (ATPM) telah menawarkan berbagai jenis sepeda motor untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan transportasi. Berbagai jenis sepeda motor seperti matic, sport, bebek, hingga bebek jantan dengan berbagai macam merk dan spesifikasinya masing-masing tersedia di pasaran. Bebek jantan adalah sepeda motor yang memiliki rangka sepeda motor bebek tetapi dengan konfigurasi mesin sepeda motor sport yang menggunakan mesin tegak. Astra Honda Motor memproduksi bebek jantan dengan nama Honda Sonic RS 1 dan Honda CS 1, Yamaha Indonesia Motor Manufacturing memproduksi Yamaha Jupiter MX 135 dan Suzuki Indomobil Sales memiliki Suzuki Satria F-150 sebagai andalannya. Tipe bebek jantan diminati karena memiliki kenyamanan berkendara sepeda motor bebek sekaligus memiliki kemampuan unjuk kerja mesin seperti sepeda motor sport.

Sepeda motor selain dapat digunakan sebagai alat transportasi juga dapat dimanfaatkan dalam olahraga balap. Ikatan Motor Indonesia (IMI) membuka kelas baru Indoprix 150 cc pada 2014 dan hampir semua peserta kelas ini menggunakan sepeda motor Satria F-150 serta berhasil meraih juara umum pada akhir kompetisi (Ikatan Motor Indonesia, 2014). Agar motor bebek jantan berkapasitas 135 cc seperti Yamaha MX 135 bisa mengikuti kelas ini maka perlu dilakukan modifikasi pada volume silindernya.

Volume silinder dapat dinaikkan dengan beberapa cara, antara lain *bore up* maupun *stroke up* (Bell, 2006). *Bore up* adalah metode peningkatan volume silinder dengan cara memperbesar diameter piston dan silinder (Romadhon, 2012). Pada umumnya yang

dilakukan dalam metode ini adalah memasang piston dan silinder standar jenis lain yang berukuran lebih besar sedangkan *stroke up* adalah metode peningkatan volume silinder dengan cara memperpanjang langkah (*stroke*) piston dalam silinder dengan mengubah posisi Titik Mati Atas (TMA) dan Titik Mati Bawah (TMB) piston (Harmanto & Satwika, 2012). Cara ini bisa dilakukan dengan menggeser penstang piston standar maupun dengan mengaplikasikan penstroker modifikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *bore up* dan *stroke up* Yamaha Jupiter MX 135 menjadi 150 cc terhadap unjuk kerja mesin, yaitu besar torsi, tenaga maksimum, konsumsi bahan bakar dan rasio kompresi, serta emisi gas buang yang dikeluarkan setelah dilakukan modifikasi bila dibandingkan dengan kondisi standar. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menjadi referensi bagi pemilik Yamaha Jupiter MX 135 yang menginginkan peningkatan performa sepeda motornya, serta sebagai dasar riset dan pengembangan untuk mengikuti kompetisi balap Indoprix 150 cc.

## Peralatandan Metode

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Sepeda motor Yamaha Jupiter MX 135.
- Penstroker berukuran 3 mm untuk diaplikasikan pada mesin *stroke up*.
- Blok set dan piston Yamaha V-ixion 57 mm untuk diaplikasikan pada mesin *bore up*.
- Bahan bakar Pertamina Plus dengan angka oktan 95.
- Oli mesin Castrol Power One SAE 10W-30.
- Buret untuk mengukur kapasitas silinder.
- *Dynamometer* dan *software* SportDyno.
- Ecom J2KN untuk mengukur emisi gas buang.
- Stopwatch.
- Blower.
- Komputer.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental, yaitu suatu metode penelitian dengan melakukan pengujian untuk mengetahui perbandingan antara variasi perlakuan dengan tanpa variasi perlakuan sebagai referensi. Referensi dalam penelitian ini

adalah kondisi mesin standard yaitu 135 cc, sedangkan variasi dilakukan dengan *bore up* dan *stroke up* mesin menjadi 150 cc.

Langkah awal dari penelitian ini adalah melakukan pengujian untuk kondisi mesin standard, yaitu dengan Dynotest dan uji emisi, untuk mengumpulkan data torsi, tenaga, rasio kompresi, rasio konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Variasi *bore up* dilakukan dengan menentukan volume *bore up* yang diharapkan, dan menghitung ukuran piston dan silinder yang akan digunakan, kemudian menentukan komponen *bore up* yang akan digunakan. Langkah *bore up* dimulai dengan melepas blok mesin dan piston standard, kemudian melakukan penyesuaian dengan blok dan piston baru, pemasangan blok dan piston dengan diameter lebih besar, pemasangan paking, dan terakhir penyetelan klep. Setelah selesai dilakukan pengujian Dynotest dan uji emisi gas buang.

Variasi *stroke up* dilakukan dengan menghitung volume *stroke up* yang diharapkan, kemudian menghitung ukuran pen stoker yang akan digunakan, sehingga komponen *stroke up* dapat ditentukan. Langkah *stroke up* diawali dengan melepas stang piston, memasangkan piston dan pen stoker, memasangkan paking serta menyetel klep dan camshaft. Variasi *stroke up* juga dilakukan pengujian Dynotest dan uji emisi gas buang.

## Hasil dan Pembahasan

### Kapasitas Volume Silinder

Kapasitas volume silinder mesin adalah jumlah campuran bahan bakar dan udara yang mampu dibakar dalam ruang silinder mesin, dinyatakan dalam satuan cc (centimeter kubik) dan ditentukan oleh besarnya diameter piston (*bore*) dan panjang langkah piston (*stroke*). Perhitungan kapasitas volume silinder adalah  $V = \frac{1}{4}\pi D^2 S (cm^3)$ . Semakin besar kapasitas volume silinder maka semakin banyak bahan bakar dan udara yang terbakar pada ruang silinder mesin.

Kapasitas volume standard yang memiliki diameter piston (*bore*) sebesar 54 mm

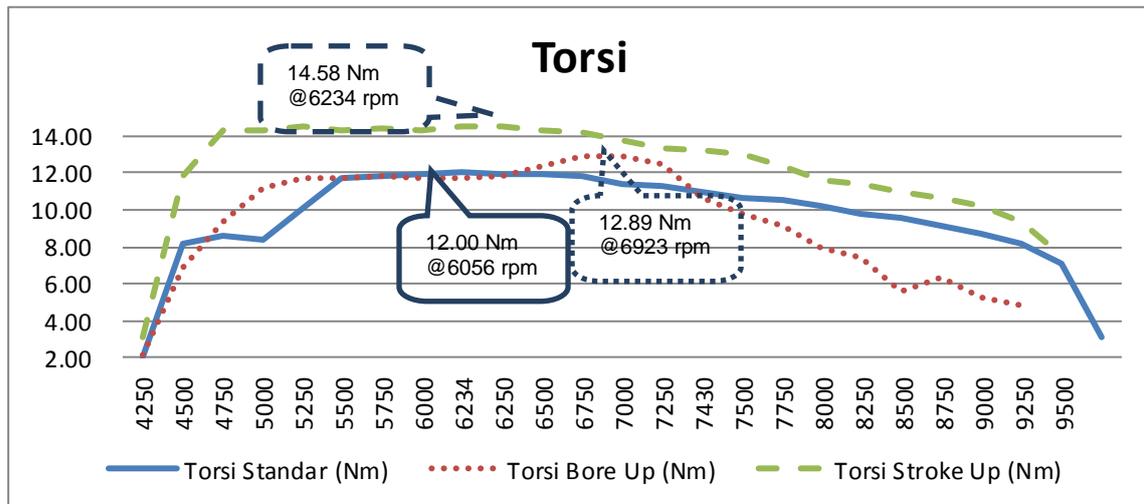
dan panjang langkah piston (*stroke*) sebesar 58,7 mm adalah 134,37 cm<sup>3</sup>. Variasi *bore up* memperbesar diameter piston (*bore*) menjadi 57 mm, sedangkan panjang langkah piston (*stroke*) tidak berubah, yaitu 58,7 mm. Dari hasil pengukuran didapat kapasitas volume silinder meningkat menjadi 149,71 cm<sup>3</sup>. Variasi *stroke up* dilakukan dengan memasang pen stoker berukuran 3 mm, sehingga TMA akan bergeser sejauh 3 mm ke atas dan TMB akan bergeser sejauh 3 mm ke bawah, dan memperpanjang total langkah piston (*stroke*) menjadi 6 mm. Kapasitas volume silinder menjadi 148.1 cm<sup>3</sup>.

### Perbandingan Kompresi

Perbandingan kompresi merupakan perbandingan antara volume silinder dan ruang bakar saat posisi piston pada Titik Mati Bawah / TMB, dengan volume ruang bakar saat piston mencapai Titik Mati Atas / TMA (Encyclopædia Britannica). Perbandingan kompresi aktual dilakukan dengan menggunakan buret yang disuntikkan ke dalam kepala silinder melalui lubang busi sehingga dapat diketahui volume kepala silinder. Perbandingan kompresi aktual untuk mesin standard, modifikasi *bore up* dan *stroke up* masing masing adalah 11.02 : 1; 11.25 : 1; dan 12.05 : 1. Idealnya diperlukan bahan bakar dengan angka oktan 100 untuk mesin dengan perbandingan kompresi sebesar 11 – 12.5 : 1, untuk mencegah kerusakan mesin akibat tingginya perbandingan kompresi yang berbanding lurus dengan suhu pembakaran di dalam mesin (Bell, 2006).

### Torsi

Torsi adalah momen putar yang didapat dari percobaan *Dynotest*. Dari grafik dapat dibandingkan torsi standard dan torsi setelah modifikasi *bore up* dan *stroke up*. Torsi maksimum pada kondisi standard adalah sebesar 12 Nm pada putaran 6056 rpm, sedangkan torsi maksimum pada kondisi *bore up* adalah sebesar 12,89 Nm pada putaran 6923 rpm, dan torsi maksimum pada kondisi *stroke up* adalah sebesar 14,58 Nm pada putaran 6234 rpm.

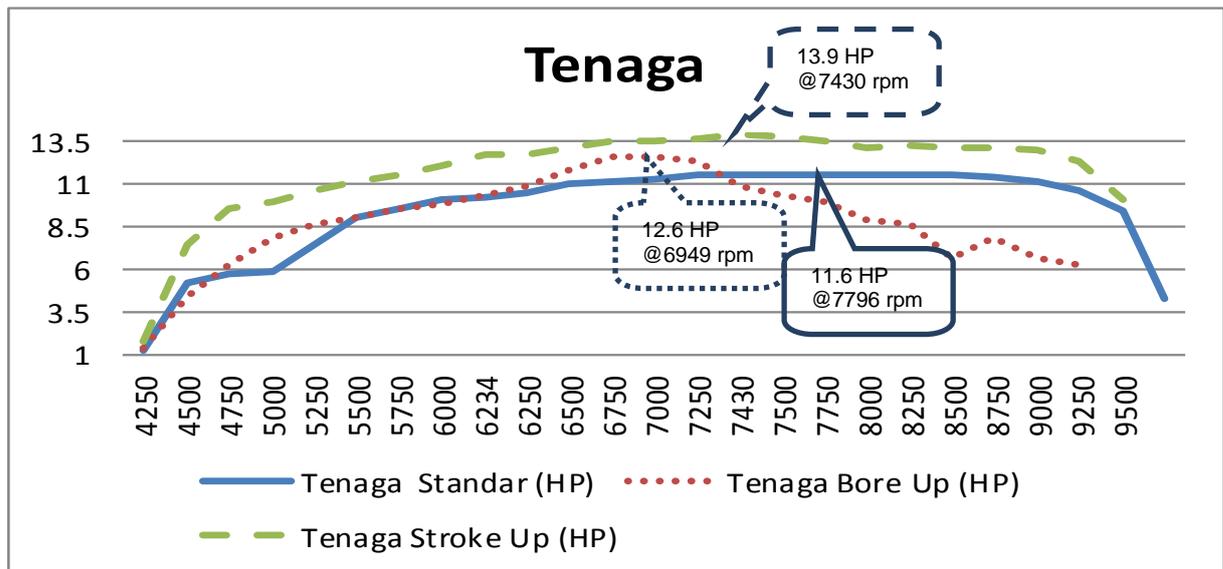


Modifikasi *bore up* meningkatkan torsi maksimum sebesar 0.89 Nm. Terjadi lonjakan torsi secara drastis antara putaran mesin 6250 hingga 7500 rpm dan penurunan drastis antara putaran mesin 8250 hingga 8750 rpm yang disebabkan oleh perbandingan campuran bahan bakar yang kurang ideal. Hal ini disebabkan oleh perbandingan bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan dengan oksigen (*rich mixture*) yang terjadi karena *setting* bukaan udara pada karburator yang kurang tepat. Campuran kaya (*rich mixture*) mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang meningkat dan menurunnya tenaga akibat pembakaran tidak sempurna yang terjadi di

dalam ruang bakar. Hal ini dapat terlihat pada adanya kerak pada busi dan kepala piston (Bell, 2006).

#### Tenaga Maksimum

Tenaga maksimum adalah besarnya tenaga yang menggerakkan beban pada suhu optimal mesin dan didapat dari hasil *Dynotest*. Tenaga maksimum mesin standard adalah 11,6 HP pada kecepatan 7796 rpm, sedangkan tenaga maksimum standard mesin modifikasi *bore up* sebesar 12,6 HP pada kecepatan 6949 rpm dan tenaga maksimum standard mesin modifikasi *stroke up* sebesar 13,9 HP pada kecepatan 7430 rpm.



Modifikasi *bore up* menaikkan tenaga maksimal sebesar 1 HP dibandingkan dengan kondisi standar. Akan tetapi terjadi lonjakan tenaga pada putaran mesin 6250 hingga 7500 rpm dan penurunan drastis pada putaran mesin 8250 hingga 8750 rpm. Perbandingan udara dan bahan bakar yang tidak ideal menjadi penyebabnya. Akibat dari bahan bakar yang tidak terbakar adalah kalor yang dihasilkan oleh mesin menjadi kurang maksimal sehingga mengakibatkan turunnya tenaga mesin.

#### Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan konsumsi bahan bakar adalah membagi jarak tempuh dengan jumlah volume bensin yang digunakan untuk menempuh jarak tersebut. Dengan kapasitas yang lebih besar, tentu saja konsumsi bahan bakar modifikasi akan lebih boros. Setelah dilakukan perhitungan didapat konsumsi bahan bakar standar adalah 1:62, sementara modifikasi *bore up* sebesar 1:48 dan modifikasi *stroke up* sebesar 1:55. Artinya satu liter bahan bakar dapat menempuh 62 km pada kondisi standar, 48 km pada kondisi *bore up* dan 55 km pada kondisi *stroke up*.

#### Uji Emisi Gas Buang

Kadar polutan gas buang sisa pembakaran dapat diketahui dengan melakukan uji emisi, alat yang digunakan adalah Ecom J2KN pada putaran mesin 1500 rpm, 4000 rpm, 6000 rpm dan 9000 rpm.

Kadar oksigen pada kondisi standar dan *bore up* hampir sama, tetapi pada putaran mesin 9000 rpm terjadi kenaikan kadar oksigen kondisi standar dimana pada putaran mesin 6000 rpm kadar oksigen yang terdeteksi sebesar 17,70% sedangkan pada 9000 rpm kadar oksigen naik menjadi 17,90%. Pada kondisi mesin yang telah mengalami modifikasi *stroke up* kadar oksigen yang terdeteksi saat putaran mesin 1500 rpm sebesar 20,30% hingga pada puncak putaran mesin kadar oksigen yang terdeteksi sebesar 17,50%.

Kadar karbon dioksida pada kondisi modifikasi *bore up* dan *stroke up* relatif sama. Namun kadar karbon dioksida pada kondisi modifikasi *stroke up* yang lebih tinggi. Hal ini diikuti pula oleh menurunnya kadar CO<sub>2</sub> sebesar 0,10%. Pada putaran 6000 rpm kadar CO<sub>2</sub> yang terdeteksi sebesar 1,80% sedangkan pada 9000 rpm turun menjadi 1,70%. Sedangkan pada kondisi mesin yang telah mengalami modifikasi *bore up* pada kadar oksigen turun pada 9000 rpm

dimana pada 6000 rpm kadar oksigen yang terdeteksi sama dengan kondisi standar yaitu 17,70% dan pada 9000 rpm turun menjadi 16,90%, sementara kadar CO<sub>2</sub> pada kondisi *bore up* naik sebesar 0,50% menjadi sebesar 2,30% pada 9000 rpm. Sama seperti pada grafik kadar oksigen, grafik kadar CO<sub>2</sub> pada kondisi modifikasi *bore up* dan *stroke up* relatif sama. Kadar CO<sub>2</sub> pada kondisi modifikasi *stroke up* putaran mesin 1500 rpm sebesar 0,40% hingga pada putaran mesin puncak 9000 rpm sebesar 2%.

Kadar NO pada kondisi mesin yang mengalami modifikasi *bore up* dan *stroke up* hampir sama. Pada kondisi stasioner 1500 rpm belum terdapat gas NO yang terdeteksi. Gas NO mulai terdeteksi pada putaran mesin 4000 rpm hingga putaran mesin 9000 rpm. Konsentrasi NO tertinggi pada 400 rpm adalah mesin dengan kondisi mesin mengalami modifikasi *bore up* yaitu sebesar 482 ppm, disusul dengan kondisi mesin yang mengalami modifikasi *stroke up* sebesar 477 rpm dan standar sebesar 264 ppm. Pada putaran mesin puncak konsentrasi NO tertinggi berada pada mesin dengan kondisi mesin mengalami modifikasi *stroke up* yaitu sebesar 906 ppm. Mesin dengan modifikasi *bore up* memiliki kadar konsentrasi NO sebesar 773 ppm dan mesin kondisi standar sebesar 486 ppm.

Hasil uji emisi pada kondisi mesin standar dan *stroke up* tidak menunjukkan adanya kadar CO pada gas buang. Mulai dari kondisi stasioner 1500 rpm hingga puncak putaran mesin 9000 rpm konsentrasi CO yang terdeteksi sebesar 0 ppm.

#### Kesimpulan

Proses modifikasi *bore up* pada Yamaha Jupiter MX 135 menambah kapasitas volume silinder mesin sebesar 11,39 % dari keadaan standar, sedangkan proses modifikasi *stroke up* menambah kapasitas volume silinder mesin sebesar 10,39 % dari keadaan standar. Perbandingan kompresi modifikasi baik *bore up* maupun *stroke up* lebih tinggi daripada kondisi standar. Torsi dan tenaga maksimum modifikasi baik *bore up* maupun *stroke up* lebih tinggi daripada kondisi standar.

Indikasi pembakaran yang tidak sempurna yaitu adanya kerak pada kepala piston dan ujung busi terjadi pada modifikasi *bore up*. Hal ini mengakibatkan naiknya konsumsi bahan bakar dan polutan gas CO. Gejala ini juga nampak pada saat akselerasi yang tersendat bila dibandingkan dengan

kondisi standard dan stroke up. Modifikasi *stroke up* menaikkan torsi dan tenaga mesin. Akselerasi lebih baik akibat besarnya torsi bila dibandingkan modifikasi lainnya.

#### **Saran**

Diperlukan adanya penelitian lanjutan yaitu modifikasi pada bagian karburator, camshaft, dan pengapian untuk mengoptimalkan peningkatan volume silinder, tenaga, dan torsi serta meminimalisir pembakaran yang tidak sempurna setelah volume silinder meningkat. Parameter pengapian dapat menggunakan CDI Racing yang dapat diatur waktu pengapiannya serta variasi durasi camshaft. Selain itu modifikasi bentuk kepala piston akan mampu meningkatkan rasio kompresi dalam ruang bakar.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Arismunandar, Wiranto. (1988). Penggerak Mula Motor Bakar Torak . Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [2] Badan Pusat Statistik, Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis 1949-2014, (2016). Tautan Sumber: <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>,
- [3] Bell, A. Graham. (2006). Four-Stroke Performance Tuning. Third Edition. California “ Haynes Publishing
- [4] Harmanto, Wahyu. (2012). Pengaruh Variasi Stroke Up dan Sudut Pengapian Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah. Universitas Jember.
- [5] Heywood, John B. (1988). Internal Combustion Engine Fundamentals . New York: McGraw-Hill, Inc. Maleev, V. L.. Internal Combustion Engine Second Edition
- [6] Ikatan Motor Indonesia. (2014). Peraturan Olahraga Kendaraan Bermotor. Retrieved August 1, 2015, from Peraturan Nasional Olahraga Kendaraan Bermotor: <http://www.imi.co.id/pdf/peraturan2014/Mobil/PERATURAN%20TIME%20RALLY%202014.pdf>
- [7] Robert, Bosch GmbH. (2001). Gasoline Engine Management Basics and Component. Jerman: Stuttgart
- [8] Romadhon, Nurman. (2012). Pengaruh Variasi Volume Silinder Bore Up dan Sudut Pengapian terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah. Universitas Jember.
- [9] Satwika, Gahan. (2012). Pengaruh Variasi Volume Silinder Stroke Up dan Variasi Perbandingan Kompresi terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah. Universitas Jember