

ANALISIS VARIASI DERAJAT PENGAPIAN TERHADAP KINERJA MESIN

Syahril Machmud¹, Untoro Budi Surono², Leydon Sitorus³

^{1,2} Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

³ Alumni Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

Jalan Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 53122

e-mail : syahril@janabadra.ac.id

ABSTRAK

This study aims to determine the influence of ignition timing degree variations to engine performance (BMEP, rate of fuel consumption and SFC) on 4 stroke petrol engine with varieties of engine rotational speed (rpm) that use premium as a fuel. In this research, it was used three variations of ignition timing degree, namely: standard, advance 3° and advance 6°

This research was done using a motorcycle Honda Supra NF 100 D. This investigation used dynotester to determine the torque and power from the engine. Investigation of engine power was done on rotational speed from 5000 rpm to 9000 rpm by range 1000 rpm, while fuel consumption test was conducted on rotational speed from 5000 rpm to 9000 rpm by range 2000 rpm.

From the results of this research, it can be concluded that the lowest BMEP, equal to 923.5 kPa is resulted by the ignition timing advanced 6° on rotational speed between 5000 rpm to 6500 rpm. Meanwhile, the lowest fuel consumption (2.589 kg/h) and SFC are resulted by the ignition timing advanced 6° on rotational speed 9000 rpm.

Kata Kunci : ignition timing, BMEP, fuel consumption, SFC

PENDAHULUAN

Salah satu bagian penting dalam proses pembakaran adalah sistem pengapian (*ignition*). Pada motor bensin, terdapat busi pada celah ruang bakar yang dapat memercikkan bunga api yang kemudian membakar campuran bahan bakar dan udara pada suatu titik tertentu yang diinginkan dalam suatu siklus pembakaran. Penempatan titik penyalaan yang tepat, dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengoptimalkan energi dari pembakaran.

Waktu penyalaan adalah saat dimana bunga api dipercikkan oleh busi untuk membakar campuran udara dan bahan bakar yang dikompresi oleh piston, kemudian menghasilkan tekanan sehingga digunakan untuk menghasilkan langkah kerja. Gerakan piston terhadap waktu penyalaan, dapat dianalisisa melalui derajat pengapian. Derajat pengapian yang sesuai adalah salah satu faktor penting dalam memaksimalkan tekanan dalam ruang bakar. Sehingga sistem ini merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan efisiensi mesin dan daya mesin yang baik.

Penelitian tentang pengaruh variasi derajat pengapian terhadap efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar telah dilakukan oleh Nanlohy, 2012. Penelitian menggunakan mesin 125 cc Honda Kharisma SI dan dilakukan pada kondisi setengah bukaan katup dengan variasi derajat pengapian dari 9°, 12°, dan 15° sebelum TMA. Dari penelitian ini diketahui bahwa efisiensi termal tertinggi diperoleh pada derajat pengapian 9° sebelum TMA. Sedangkan SFC terendah juga diperoleh pada derajat pengapian 9° sebelum TMA.

Zareei dan Kakaee (2013) melakukan penelitian pengaruh derajat pengapian terhadap unjuk kerja dan emisi mesin bensin. Penelitian ini dilakukan dengan putaran mesin 3400 rpm. Sedangkan derajat pengapian divariasikan antara 41° sebelum TMA sampai 10° setelah TMA. Dari penelitian ini diketahui bahwa BMEP dan efisiensi termal tertinggi dicapai pada derajat pengapian 31° sebelum TMA. Dari penelitian ini diketahui juga bahwa BSFC cenderung semakin naik dengan derajat pengapian yang semakin mendekati TMA. Sementara itu emisi HC semakin

menurun seiring dengan derajat pengapian yang semakin dekat dengan TMA. Sedangkan emisi O₂, CO dan CO₂ hanya mengalami sedikit perubahan dan emisi NO_x terendah diperoleh pada derajat pengapian 10° sebelum TMA. Penelitian dilakukan pada mesin dengan bahan bakar bensin, CNG dan B20.

Penelitian tentang pengaruh derajat pengapian juga dilakukan oleh Gopal dan Rajendra, 2013. Penelitian dilakukan dengan putaran mesin 2500 rpm dan variasi derajat pengapian 22°, 27°, dan 32° sebelum TMA. Dari hasil penelitian diketahui bahwa dengan bahan bakar CNG dan pada derajat pengapian 27° sebelum TMA menghasilkan BSFC terendah dan efisiensi termal paling tinggi.

Penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi derajat pengapian, terhadap kinerja mesin, yang berhubungan dengan BMEP, Laju Konsumsi Bahan Bakar dan SFC pada mesin bensin 4 tak yang menggunakan bahan bakar premium.

Sistem Pengapian

Sistem pengapian merupakan sistem yang digunakan untuk menghasilkan bunga api, guna melakukan pembakaran terhadap campuran bahan bakar-udara yang ada di dalam ruang pembakaran dengan waktu pengapian (*timing ignition*) yang telah ditentukan. Untuk tercapainya loncatan bunga api pada busi, maka harus ada tegangan listrik yang cukup tinggi yang berkisar antara 5000 volt sampai lebih dari 10.000 volt.

Sistem pengapian ini memiliki beberapa komponen yang sangat penting untuk terciptanya bunga api pada saat pembakaran, diantaranya adalah :

1. Magnet

Magnet ditempatkan pada roda penerus yang dipasangkan pada poros engkol. Inti besi ditempatkan sebagai stator. Magnet berputar bersama-sama dengan putaran poros engkol dan antara inti besi dengan magnet terdapat celah kecil. Karena perputaran magnet ini akan menimbulkan listrik dalam lilitan primer pada inti besi. Akibat gerakan cam titik kontak akan terbuka maka akan terjadi arus listrik tegangan tinggi yang memungkinkan terjadinya loncatan bunga api pada busi.

2. Busi (*spark plug*)

Busi merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menciptakan

loncatan bunga api saat dialiri arus listrik tegangan tinggi. Kedua elektroda pada busi dipisahkan oleh isolator agar loncatan listrik hanya terjadi diantara ujung elektroda. Bahan isolator itu sendiri haruslah memiliki tahanan listrik yang tinggi, tidak rapuh terhadap kejutan mekanik dan panas. Isolator ini juga harus merupakan konduktor panas yang baik serta tidak bereaksi kimia dengan gas pembakaran.

3. Koil pengapian (*ignition coil*)

Koil pengapian mengubah sumber tegangan rendah dari baterai atau koil sumber (12 volt) menjadi sumber tegangan tinggi (10 kvolt atau lebih) yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian.

4. CDI dan Pulser

CDI (*Capacitive Discharge Ignition*) merupakan sebuah perangkat elektronik sebagai pengatur pengapian (*ignition*) dan kelistrikan (*electricity*) yang terdapat pada sebuah sepeda motor dan berperan membaca sensor yang mengatur waktu pengapian yang terdapat pada mesin lalu diolah secara digital dalam CDI. Hasil pemrosesan CDI berupa output yang akan mengatur perangkat pengapian untuk melakukan pembakaran (*combustion*) bahan bakar di dalam ruang bakar (*combustion chamber*) sebuah mesin sepeda motor.

Sensor pengatur waktu (*timing*) pengapian terdapat pada bagian ruang magnet sebuah mesin. Sensor berupa pulser (*pick-up coil*) akan membaca tonjolan (*trigger magnet*) yang terdapat pada sisi luar pelat dudukan (*sitting*) magnet. Magnet yang terhubung dengan *crankshaft* akan berputar sesuai dengan putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin maka semakin tinggi pula putaran magnet yang akan berpengaruh terhadap pembacaan pulser terhadap tonjolan sisi luar *sitting plate* magnet.

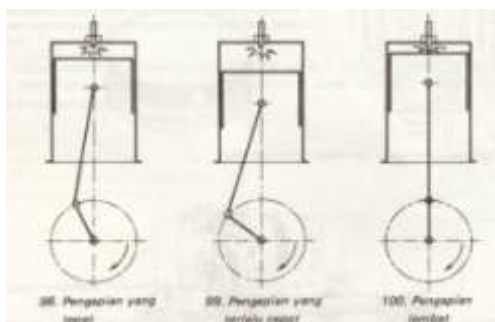
CDI mengandalkan pulser (*pick-up coil*). Pulser ini memberi sinyal berdasarkan putaran magnet. Sinyal itu dikirim ke CDI, yang kemudian memerintahkan busi menembak. Dalam CDI, sinyal pulser diterima dioda

penyearah arus, lalu dicekal resistor dan diterima beberapa kapasitor, sebelum dilepas ke koil yang kemudian 'menyetrum' busi.

Saat Pengapian (*ignition timing*) dan Pembakaran

Setelah campuran bahan bakar dibakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi bunga api untuk merambat di dalam ruang bakar. Oleh sebab itu akan terjadi sedikit kelambatan antara awal pembakaran dengan pencapaian tekanan pembakaran maksimum. Dengan demikian, agar diperoleh output maksimum pada *engine* dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi (sekitar 10° setelah TMA), periode perlambatan api harus diperhitungkan pada saat menentukan saat pengapian (*ignition timing*) untuk memperoleh output mesin yang semaksimal mungkin. Akan tetapi karena diperlukan waktu untuk perambatan api, maka campuran udara-bahan bakar harus dibakar sebelum TMA. Saat ini disebut dengan saat pengapian (*ignition timing*).

Loncatan bunga api terjadi sesaat torak mencapai titik mati atas (TMA) sewaktu langkah kompresi. Saat loncatan api biasanya dinyatakan dalam derajat sudut engkol sebelum torak mencapai TMA. Pada pembakaran sempurna setelah penyalaan dimulai, api menjalar dari busi dan menyebar ke seluruh arah dalam waktu yang sebanding dengan 20 derajat sudut engkol atau lebih untuk membakar campuran sampai mencapai tekanan maksimum. Kecepatan api umumnya kurang dari 10 – 30 m/ detik. Panas pembakaran dari TMA diubah dalam bentuk kerja dengan efisiensi yang tinggi. Kelambatan waktu akan menurunkan efisiensi. Hal ini disebabkan rendahnya tekanan akibat pertambahan volume dan waktu penyebaran api yang terlalu lambat.



Gambar 1. Saat pengapian

Bila Proses pembakaran dimulai dari awal sebelum TMA (menjauhi TMA), tekanan hasil pembakaran meningkat, sehingga gaya dorong piston meningkat (kerja piston menuju gas pada ruang bakar). Jika proses sudut penyalaan dimundurkan mendekati TMA, maka tekanan hasil pembakaran maksimum lebih rendah, bila dibandingkan tekanan hasil pembakaran maksimum, bila sudut penyalaan dimulai normal. Hal ini dikarenakan, pada saat sudut penyalaan terlalu dekat dengan TMA, pada saat busi memercikkan bunga api dan api mulai merambat, gerakan piston sudah melewati TMA sehingga volume ruang bakar mulai membesar. Sehingga walaupun terjadi kenaikan tekanan hasil pembakaran, sebagian telah diubah menjadi perubahan volume ruang bakar. Efek yang terjadi adalah kecilnya kerja ekspansi yang diterima oleh piston.

Tekanan Efektif Rata-rata

Unjuk kerja mesin yang relatif terukur dapat diperoleh dari pembagian kerja per siklus dengan perpindahan volume silinder per siklus. Parameter ini merupakan gaya per satuan luas dan dinamakan dengan *mean effective pressure* (MEP).

$$\text{Kerja per siklus} = \frac{P \cdot N}{V \cdot n} \dots\dots\dots (1)$$

$$BMEP = \frac{60P \cdot N \cdot 10^3}{V \cdot n} \text{ (kPa)} (2)$$

dengan:

- P = daya dalam kW
- n = putaran mesin dalam rpm
- V = volume silinder dalam dm³
- N = jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja (= 2 untuk siklus 4 langkah, = 1 untuk siklus 2 langkah)

Konsumsi bahan bakar

Salah satu yang diukur dalam prestasi mesin atau unjuk kerja mesin adalah konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption, SFC*). *Specific Fuel Consumption (SFC)* merupakan perbandingan antara bahan bakar yang terpakai sebagai *input* energi dengan daya yang dihasilkan sebagai *output*. Semakin tinggi nilai *Specific Fuel Consumption*, maka semakin banyak energi bahan bakar yang tidak terkonversi menjadi daya. Hal ini disebabkan karena bahan bakar yang masuk ke dalam silinder tidak terbakar dengan sempurna.

Konsumsi bahan bakar spesifik ini, merupakan parameter prestasi mesin yang digunakan untuk mengukur nilai ekonomis suatu mesin, karena dengan mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik maka dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan per jam untuk menghasilkan sejumlah daya.

Prosedur perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC) berikut dapat dilaksanakan bila untuk pemakaian bahan bakar sebesar m (massa) dibutuhkan waktu sebesar t (detik), sehingga dapat dihitung pemakaian bahan bakar spesifik.

Konsumsi bahan bakar (mf)

$$mf = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \text{ (kg/jam) (3)}$$

$$SFC = \frac{mf}{P} \text{ (kg/kwatt-jam) (4)}$$

dengan :

SFC = Pemakaian bahan bakar spesifik
(kg/kwatt-jam)

mf = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

T = Waktu yang diperlukan untuk pengosongan buret (dt)

b = Volume buret yang digunakan dalam pengujian (cm^3)

P = Daya (kW)

ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar *gasolin*
= 0,74 (gr/cm^3)

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengadaan bahan dan peralatan pengujian. Mesin yang dipakai pada penelitian ini adalah sepeda motor empat tak. Sedangkan bahan bakar yang digunakan adalah premium. Alat pengujian yang dipersiapkan adalah 3 jenis magnet yaitu magnet standar (bawaan kendaraan), magnet dengan derajat pengapian dimajukan 3° dan magnet dengan derajat pengapian dimajukan 6° .

Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan adalah sepeda motor Honda Supra NF 100 D dengan spesifikasi sebagai berikut :
Tipe Mesin: 4 Langkah, SOHC, 2 Klep, pendinginan udara
Diameter x Langkah : 510 x 49,5 mm
Volume Silinder : 97,1 cc

Perbandingan Kompresi : 9,0 : 1

Daya maksimum : 7,3 PS/8.000 rpm

Torsi maksimum : 0,74 kgf.m pada 6.000rpm

Sistim pengapian : CDI

Untuk pengujian unjuk kerja mesin dilaksanakan di Mototech, dengan peralatan-peralatan: Dynotester, untuk mengukur daya dan torsi dari mesin. Buret, untuk mengukur pemakaian bahan bakar. Stopwatch, untuk mengukur waktu pemakaian bahan bakar.

Prosedur pengujian

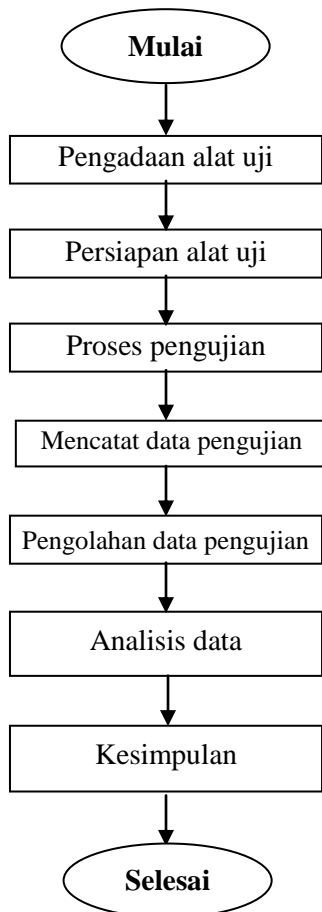
Pengujian dilakukan dengan 3 jenis magnet yaitu magnet standar (bawaan kendaraan), magnet dengan derajat pengapian dimajukan 3° dan magnet dengan derajat pengapian dimajukan 6° .

Untuk memperoleh data-data pengujian, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Letakkan motor di atas dynotester dengan posisi roda belakang di atas roller. Nyalakan mesin sampai pada putaran idle. Setelah putaran ideal didapatkan selanjutnya masukkan motor pada gear transmisi 3 kemudian putar gas dari kondisi idle menjadi 5000 rpm dengan melihat monitor dinotester sampai rpm tertinggi, yaitu 9000 rpm. Lepaskan gas setelah mencapai putaran maksimum. Pada pengujian ini akan didapat daya dan torsi sebagai fungsi dari putaran mesin. Data daya dan torsi akan tersimpan di komputer.

Untuk pengujian konsumsi bahan bakar diawali dengan menghidupkan sepeda motor. Gear transmisi diatur pada posisi netral. Selanjutnya atur putaran mesin pada 5000, 7000 dan 9000 rpm secara bergantian. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan dengan membaca stopwatch untuk menghabiskan berapa ml bahan bakar yang dibutuhkan selama 1 menit. Langkah tersebut dilakukan untuk ketiga macam derajat pengapian.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



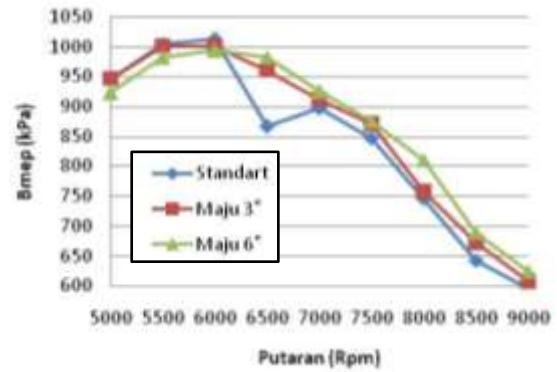
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Break Mean Effective Pressure

Tabel 1. Bmep vs Putaran pada Variasi Derajat Pengapian

Putaran (rpm)	Bmep (kPa)		
	Standart	Maju 3°	Maju 6°
5000	946,8	946,8	923,6
5500	1005,1	1001,2	981,8
6000	1012,8	999,9	994,7
6500	866,6	961,1	983,1
7000	896,4	911,9	924,9
7500	847,2	870,5	875,7
8000	746,3	756,7	811
8500	642,9	672,6	689,4
9000	596,3	607,9	624,8



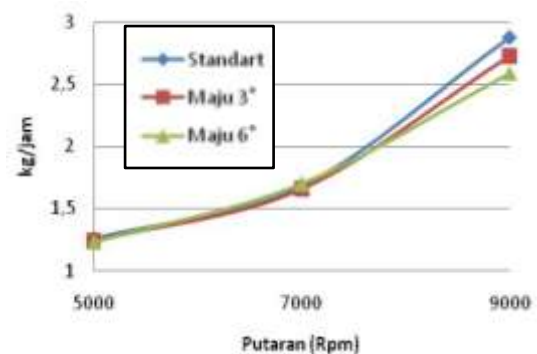
Gambar 3 Grafik Bmep vs Putaran

Dari tabel 1 dan gambar 3 terlihat bahwa BMEP mulai menanjak pada kisaran 5000 rpm sampai 6000 rpm. Penurunan BMEP dipengaruhi oleh nilai daya efektif dan putaran mesin. Secara teori apabila daya efektif mengalami kenaikan pada putaran yang sama, maka BMEP juga akan mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena sesuai dengan rumus bahwa BMEP berbanding lurus dengan daya efektif. Begitu juga sebaliknya, apabila daya efektif mengalami kenaikan dan putaran mesin juga naik, tetapi persentase kenaikan daya efektif lebih rendah dari kenaikan putaran mesin, maka BMEP akan mengalami penurunan.

2. Laju Konsumsi Bahan Bakar.

Tabel 2. Data Laju Konsumsi Bahan Bakar (mf)

Putaran (rpm)	Laju Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)		
	Standart	Maju 3°	Maju 6°
5000	1,3	1,2	1,2
7000	1,7	1,7	1,7
9000	2,9	2,7	2,6



Gambar 4 Grafik Konsumsi Bahan Bakar (mf)

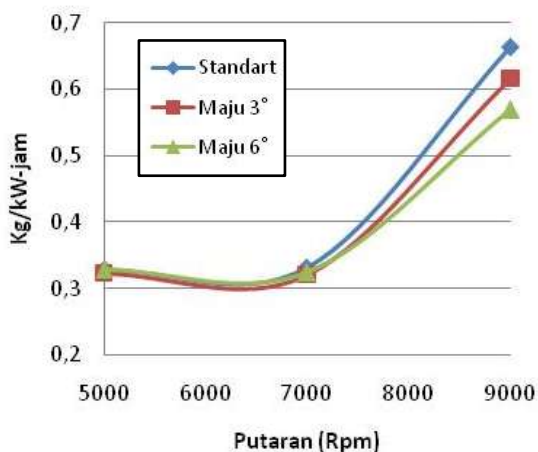
Pada Tabel 2 dan Gambar 4, dapat diamati bahwa laju konsumsi bahan bakar semakin meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin. Dari hasil pengujian perubahan variasi derajat pengapian, pada putaran 5000 Rpm dan putaran 9000 Rpm, nilai konsumsi bahan bakar tertinggi terjadi pada derajat pengapian standar, yaitu mencapai 1,26 kg/jam dan 2,88 kg/jam. Untuk nilai konsumsi terendah dicapai oleh derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standarnya, yaitu sebesar 1,22 kg/jam pada 5000 Rpm, dan 2,58 kg/jam pada 9000 Rpm. Hal ini dikarenakan semakin tinggi putaran, semakin sedikit waktu pembakaran yang berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar, sehingga pada waktu derajat pengapian dimajukan, maka konsumsi bahan bakar yang digunakan lebih optimal, karena mendapatkan waktu pembakaran yang cukup akibat pemajuan penyalaan, ketika putaran mesin bertambah.

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Dari hasil penelitian dari beberapa variasi derajat pengapian, terhadap laju konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*), diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Data Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*SFC*)

Putaran (Rpm)	SFC (Kg/kW-jam)		
	Standart	Maju 3°	Maju 6°
5000	0,328239	0,323339	0,329164
7000	0,33154	0,320862	0,324352
9000	0,662589	0,616169	0,569064



Gambar 5. Konsumsi spesifik bahan bakar (*SFC*)

Semakin tinggi nilai *SFC*, artinya semakin banyak energi bahan bakar yang tidak terkonversi menjadi daya. Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan hasil bagi antara laju konsumsi bahan bakar dengan daya, sehingga apabila laju konsumsi bahan bakar besar dan daya yang dihasilkan besar, maka nilai *SFC* menjadi kecil, dari Gambar 5, terlihat bahwa *SFC* pada semua jenis variasi derajat pengapian memiliki kecenderungan yang sama mengalami penurunan kemudian mengalami kenaikan. Penurunan terjadi pada putaran 5000 rpm sampai 6000 rpm, setelah itu *SFC*-nya mengalami kenaikan. Nilai *SFC* terendah ada pada kondisi derajat pengapian maju 3° dari standarnya, yang memiliki nilai *SFC* rata-rata 0,078 kg/kw-jam. Penurunan dan kenaikan nilai *SFC* ini sesuai dengan rumus teoritis bahwa nilai *SFC* merupakan hasil bagi antara laju konsumsi bahan bakar dengan daya itu sendiri, sehingga apabila laju konsumsi bahan bakar dan daya besar maka nilai *SFC* nya akan kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian dan perhitungan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. BMEP atau Tekanan rata-rata terendah pada putaran 5000 – 6500 Rpm dihasilkan oleh derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standarnya sebesar 923,5 kPa, sedang pada putaran 7000-9000 Rpm, Bmep terendah dihasilkan derajat pengapian standar sebesar 596,3 kPa.
2. Laju Konsumsi bahan bakar (*mf*) terendah, dihasilkan oleh derajat pengapian yang dimajukan 6° dari standarnya, yaitu turun sebesar 10 % (2,589 kg/jam), pada putaran 9000 Rpm.
3. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) yang dihasilkan oleh derajat pengapian yang dimajukan 3° turun sebesar 6,9 % (0,616 kg/kW-jam) sedang derajat pengapian yang dimajukan 6° turun sebesar 14,1 % (0,569064 kg/kW-jam), pada putaran 9000 Rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, BPM. dan Bareenschot, B., 1980. **Motor Bensin**, Erlangga. Jakarta
 Arismunandar, W., 1980, **Penggerak Mula Motor Bakar Torak**, ITB, Bandung.

- Gopal, M.G. dan Rajendra, D.S., 2013, *Experimental Study on SI Engine at Different Ignition Timing Using CNG and Gasoline-20% n Butanol Blend*, **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, Volume 3, Issue 3, March 2013
- Heywood, J.B., 1998, **Internal Combustion Engine Fundamentals**, Mc Graw Hill Int., New York
<http://jurnaldinamika.files.wordpress.com/2012/11/hendry1.pdf>
- Krisbiantoro, D., 2009, *Pengaruh Penggunaan CDI Variable dan Variasi derajat Pengapian Terhadap Unjuk kerja mesin Honda Kharisma Dengan 2 Busi.*, **Jurnal Skripsi** Institut Teknologi Sepuluh Nopember., Surabaya.
- Kristanto, P., Willyanto, dan Wahyudi, D., 2001, *Pengaruh Perubahan Pemajuan Waktu penyalaan Terhadap Motor Dual Fuel (Bensin-BBG)*, **Jurnal Teknik Mesin** Vol. 3, No.1 : 1–6., Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Nanlohy, H.Y., 2012, *Perbandingan Variasi Derajat Pengapian terhadap Efisiensi Termal dan Konsumsi Bahan Bakar Otto Engine Be50*, **Jurnal Dinamika** Vol. 3 No. 2 Mei 2012, Fakultas Teknik Universitas Haluoleo, Kendari
- Soenarta N., dan Furuhamas S., 2002, **Motor Serba Guna**, Pradnya Paramita, Jakarta
- Zareei, J. dan Kakaee, A.H., 2013, *Study and The Effects of Ignition Timing on Gasoline Engine Performance and Emissions*, **European Transport Research Review**, Volume 5:109–116, Springer Berlin Heidelberg