

OPTIMASI DAYA MESIN DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN TOYOTA SERI 5K MELALUI PENGGUNAAN PENGAPIAN BOOSTER

Mardani Ali Sera

Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650
Email: mardani@mercubuana.ac.id

Abstrak-- Proses pembakaran adalah proses secara fisik yang terjadi di dalam silinder. Proses pembakaran dimulai pada saat busi memercikkan bunga api hingga terjadi proses pembakaran. Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen yaitu membandingkan daya dan konsumsi bahan bakar antara pengapian standar dengan pengapian menggunakan booster. Berdasarkan data hasil uji coba perbandingan antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster dengan objek penelitian mesin Toyota seri 5K diketahui adanya kenaikan 2.61% daya menjadi 27.723 kW dari 27.17 kW antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster pada putaran mesin 2400 rpm. Sedangkan prosentase kenaikan rerata daya sebesar 2.79 %. Penggunaan booster juga membuat penggunaan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster. Prosentase penurunan rerata konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) sebesar 6.99%. Pada sistem pengapian yang menggunakan booster, sfc minimum sebesar 0.219 kg/kWh pada putaran mesin 2200 rpm. Pada pengapian standar sfc minimum sebesar 0.231 kg/kWh pada putaran mesin 2400 rpm.

Kata kunci: Proses pembakaran, bahan bakar spesifik

Abstract -- Internal combustion engine physically took place inside the cylinder. The combustion process started when the spark plug ignite. In this experiment we compared the power and specific fuel consumption between ignitions using the standard spark plug to the booster spark plug. Based on the results using the 5K Toyota Engine, it is known there is an increase power the ignition using booster spark plug compared the standard spark plug for about 2,61% to 27.723 kW from 27.17 kW for the speed of 2400 rpm. The average power increased 2.79%. The use of spark plug booster also decreased the specific fuel consumption on average 6.99%. The lower sfc took place at about 0.219 kg/kWh on 2200 rpm. The minimum sfc at about 0.231 kg/kWh took place at 2.400 rpm.

Keywords: combustion process, specific fuel consumption,

1. PENDAHULUAN

Motor bensin merupakan salah satu jenis motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine-ICE*). Motor bensin sangat banyak digunakan karena mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya yaitu harganya yang relatif murah, mudah dalam hal perawatan, dan mudah dalam memodifikasi mesin. Walaupun demikian, satu kelemahan ICE adalah masalah rendahnya efisiensi yang dihasilkan. Secara rata-rata, efisiensi pembakaran ICE ada dikisaran 30-40% (Heywood, 1988). Karena itu, beragam upaya dilakukan untuk meningkatkan efisiensi ICE. Mulai dari rekayasa sistem pemasukan (*intake system*) hingga riset dalam bidang sistem pengeluaran (*exhaust system*).

Pada umumnya, upaya peningkatan efisiensi ICE biasanya ditempuh dengan dua cara. Cara optimasi atau cara disain ulang. Cara optimasi hanya mengubah atau menambah

sistem yang ada. Sedang cara disain ulang biasanya membutuhkan usaha dari hulu ke hilir (Abu Bakar, Sera, dan Mun, 2001). Kajian kali ini termasuk optimasi dengan mengubah pengapian standar dan membandingkannya dengan pengapian sistem booster. Dengan asumsi dasar tidak perlu ada perubahan terhadap disain ruang bakar, material ruang bakar hingga volume ruang bakar konstan.

Pada motor bensin, tenaga yang dihasilkan merupakan hasil dari proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Proses pembakaran adalah proses secara fisik yang terjadi didalam silinder selama pembakaran terjadi (Suyanto, 1989). Proses pembakaran dimulai pada saat busi memercikkan bunga api hingga terjadi proses pembakaran. Syarat untuk terjadinya proses pembakaran adalah adanya api untuk membakar, adanya udara, adanya bahan bakar, dan adanya kompresi.

Pembakaran campuran bahan bakar dan udara diperoleh dari percikan bunga api dari busi. Bunga api dihasilkan oleh suatu rangkaian listrik yang sering disebut sistem pengapian. Sistem pengapian ini berfungsi untuk menaikkan tegangan primer baterai (12 volt) menjadi tegangan sekunder yang tinggi dengan besar tegangan 10.000-20.000 volt atau lebih, sehingga akan terjadi loncatan bunga api pada elektrode busi.

2. SISTEM PENGAPIAN

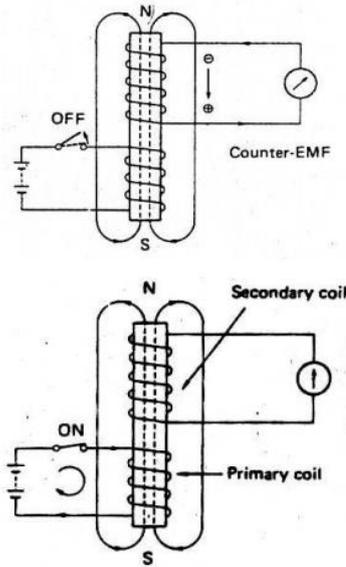
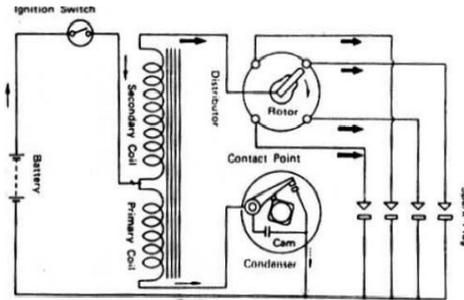
Awalnya sistem pengapian motor bensin bermula dari sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian konvensional yang dimaksud yaitu menggunakan kontak platina dan baterai sebagai sumber tegangannya. Tegangan baterai umumnya sebesar 12 volt. Tegangan tinggi yang terjadi pada kumparan sekunder dihasilkan dengan cara memutuskan dan menghubungkan arus listrik yang terjadi pada kumparan primer koil pengapian secara mekanik.

Komponen pengapian konvensional antara lain platina (*breaker point*), cam (*nok*), dan kondensor. Salah satu kelemahan dari sistem pengapian konvensional adalah terjadinya penurunan tegangan sekunder. Namun seiring dengan perkembangan teknologi maka sistem pengapian konvensional dikembangkan dan lebih disempurnakan lagi, contohnya dengan digunakannya sistem pengapian semi transistor atau full transistor pada kendaraan bermotor yang sekarang ada di pasaran.

Kendaraan diharapkan selalu dalam performa yang tinggi dan mesin yang optimal. Kendaraan dengan mesin bensin mempunyai beberapa keuntungan, salah satunya adalah mudah dalam memodifikasimesin. Modifikasi mesin dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan performa kendaraan. Modifikasi dapat dilakukan pada beberapa bagian. Biasanya dilakukan dengan cara meningkatkan perbandingan kompresi, perbaikan sistem bahan bakar, dan perbaikan sistem pengapian.

Perbaikan pada sistem pengapian ditujukan agar terjadi proses pembakaran sempurna di dalam silinder. Proses pembakaran sempurna akan mempengaruhi daya dan torsi mesin. Selain itu pembakaran sempurna juga akan mempengaruhi emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar.

Penggunaan booster pengapian merupakan alternatif untuk memodifikasi mesin yang ditujukan untuk meningkatkan performa kendaraan. Booster pengapian bertujuan untuk mengurangi kelemahan dan kekurangan sistem pengapian konvensional.



Gambar 1. Sistem Pengapian dan Induksi Dini

Sistem penyalaan adalah salah satu sistem yang ada dalam motor bakar yang menjamin motor dapat bekerja (Suyanto, 1989). Sistem pengapian berfungsi untuk membangkitkan bunga api yang dapat membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Sistem pengapian yang dibutuhkan motor bensin adalah sistem yang menghasilkan loncatan bunga api yang besar sehingga tekanan pembakaran yang dihasilkan akan lebih besar. Sistem pengapian baterai pada motor bensin ada beberapa macam diantaranya sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian transistor.

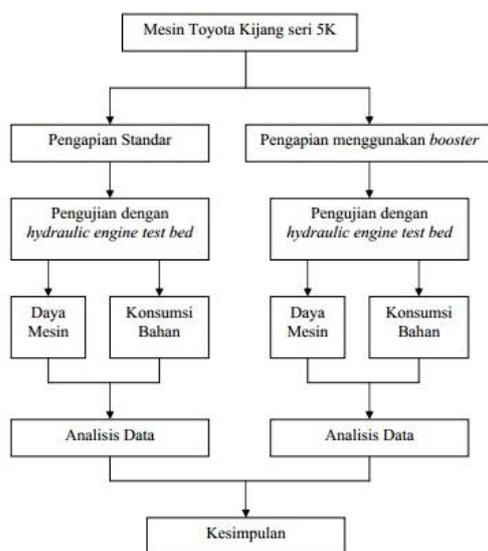
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu suatu metode dalam meneliti status kelompok, manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu system pemikiran, suatu peristiwa ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang.

Tujuan penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat suatu deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, factual, dan akurat mengenai faktor-faktor serta hubungan-hubungan antar fenomena yang diselidiki.

Setelah mempersiapkan bahan dan peralatan serta alat penelitian dapat berfungsi dengan baik selanjutnya melakukan langkah uji coba/eksperimen. Pengambilan data dengan eksperimen dilakukan dengan tiga kali pengulangan pada tiap variasi putaran sehingga diharapkan diperoleh data yang valid.

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu membandingkan daya dan konsumsi bahan bakar antara pengapian standar dengan pengapian menggunakan booster. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali pengambilan data, sehingga diharapkan data yang didapat benar-benar valid. Detail metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Disain Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.

Beberapa variabel penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Dalam penelitian ini yaitu sistem pengapian standar dan sistem pengapian yang menggunakan booster yang dipakai mesin Toyota seri 5K.

2. Variabel terikat

Dalam penelitian ini yaitu daya dan konsumsi bahan bakar pada mesin Toyota seri 5K.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol yaitu faktor lain di luar variabel penelitian yang diteliti tetapi dapat mempengaruhi hasil penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah tekanan kompresi (7 – 14 kg/cm²), celah busi (0,7 – 0,9 mm), celah

platina (0.45 mm), waktu pengapian 80 sebelum TMA (dengan melepas selang vakum advancer), temperatur ruangan, dan temperatur kerja mesin yang dikondisikan sama pada setiap perlakuan.

Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan statistika deskriptif yang dilakukan dengan cara melukiskan dan merangkum pengamatan dari penelitian yang dilakukan (Arikunto,1996). Data yang dihasilkan digambarkan secara grafis dalam histogram atau poligon frekuensi.



Gambar 3. Test Bed Engine

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Perbandingan Daya Antara Sistem Pengapian Standar Dengan Sistem Yang Menggunakan Booster Pada Mesin Toyota seri 5K. Tabel 1 memperlihatkan data hasil eksperimen dari perbandingan daya (kW) antara sistem pengapian standar dengan sistem pengapian yang menggunakan booster pada mesin Toyota seri 5K.

Tabel 1. Hasil perhitungan daya (kW)

Putaran Mesin (rpm)	Sistem Pengapian		Persen Kenaikan (%)
	Pengapian Standar	Pengapian Booster	
2000	22.479	22.623	0.64
2200	25.063	25.532	1.15
2400	27.17	27.723	2.61
2600	26.423	27.595	4.43
2800	22.418	24.940	11.25
3000	21.630	22.156	0.20
3200	20.693	20.958	1.28
3400	18.806	19.141	1.78
3600	17.606	17.765	0.90
3800	14.353	14.904	3.83

Dari data hasil eksperimen dapat diketahui bahwa pada tiap variasi putaran mesin terdapat perbedaan daya antara sistem pengapian standar dengan sistem pengapian yang menggunakan booster. Langkah eksperimen dilakukan dengan menggunakan mesin yang sama, suhu ruangan, suhu mesin, dan waktu untuk masing-masing pengulangan dikontrol agar relatif sama agar diperoleh data yang valid.

Pengapian Standar Dengan Sistem Yang Menggunakan Booster Pada Mesin Toyota seri 5K. Data hasil eksperimen dari perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW-h) antara sistem pengapian standar dengan sistem pengapian yang menggunakan booster pada mesin Toyota seri 5K ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW-h)

Putaran Mesin (rpm)	Sistem Pengapian		Persen Penurunan (%)
	Pengapian Standar	Pengapian Booster	
2000	0.246	0.222	10.80
2200	0.235	0.219	7.30
2400	0.231	0.221	4.52
2600	0.245	0.227	7.92
2800	0.307	0.259	18.52
3000	0.331	0.317	4.41
3200	0.354	0.340	4.11
3400	0.407	0.392	3.82
3600	0.453	0.443	2.25
3800	0.594	0.559	6.26

Dari data hasil eksperimen dapat diketahui bahwa pada tiap variasi putaran mesin terdapat perbedaan konsumsi bahan bakar spesifik antara sistem pengapian standar dengan sistem yang menggunakan booster. Langkah eksperimen dilakukan dengan menggunakan mesin yang sama, suhu ruangan, suhu mesin, dan waktu untuk masing-masing pengulangan dikontrol agar relatif sama agar diperoleh data yang valid.

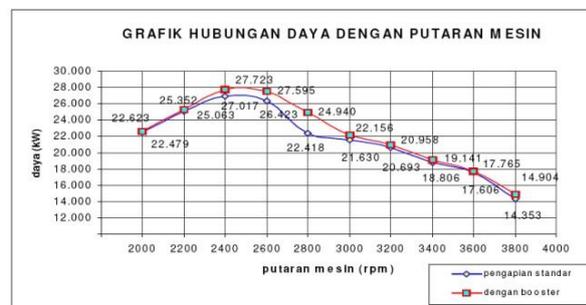
Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 merupakan hasil ujicoba/eksperimen perbedaan daya dan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) antara

sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster pada hydraulic engine test bed sehingga dapat diketahui besarnya daya dan sfc pada tiap variasi putaran mesin mulai dari putaran mesin 2000 – 3800 rpm.

Besarnya nilai daya dan sfc diperoleh dari pengolahan data hasil pengujian yang telah dibahas sebelumnya. Untuk memperjelas pembahasan dan mempermudah analisis data perlu adanya pembahasan yang lebih spesifik mengenai daya dan konsumsi bahan bakar (sfc).

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4 hasil penelitian menunjukkan perbedaan daya antara sistem pengapian standar dengan sistem pengapian yang menggunakan booster pada mesin Toyota seri 5K pada tiap variasi putaran mesin.



Gambar 4. Grafik P dan RPM

Pada sistem pengapian standar daya pada putaran mesin 2000 rpm yaitu 22,479 kW. Sedangkan pada sistem pengapian yang menggunakan booster pada putaran mesin 2000 rpm daya yang dihasilkan sebesar 22,623 kW lebih besar 0,144 kW (0,64 %) dari daya sistem pengapian standar. Hal ini dapat dianalisa meskipun pada saat putaran mesin rendah pemasukan bahan bakar masih kurang optimal (bahan bakar yang dihisap kurang maksimal) dan tegangan pengapian yang tinggi namun pada sistem pengapian yang menggunakan booster karena tegangan pengapiannya lebih tinggi dan stabil maka bunga api yang terjadi juga lebih besar dan kuat sehingga dapat meningkatkan temperatur dan tekanan pembakaran, gaya dorong hasil pembakaran juga akan lebih optimal, dan kualitas pembakaran akan semakin meningkat sehingga daya yang dihasilkan juga lebih tinggi bila dibanding sistem pengapian standar.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4 pada putaran mesin 2400 rpm, daya maksimal sistem pengapian standar yang dihasilkan sebesar 27,17 kW. Sedangkan pada sistem pengapian yang menggunakan booster daya maksimal pada

putaran mesin yang sama sebesar 27,723 kW atau lebih besar 0,706 kW (2,61 %) dari daya maksimal pengapian standar. Pada kisaran putaran mesin tersebut dimungkinkan pemasukan bahan bakar paling optimal, efisiensi volumetrik dan pengisian optimal, dan pengapian juga optimal sehingga daya yang dihasilkan akan maksimal pula. Akan tetapi dengan menggunakan booster tegangan pengapian yang dihasilkan akan lebih besar dan bunga api juga lebih kuat dan stabil. Gaya dorong hasil pembakaran juga meningkat sehingga pada kisaran putaran mesin tersebut daya yang dihasilkan juga akan lebih tinggi bila dibandingkan pengapian standar.

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4 untuk putaran mesin yang semakin bertambah terjadi penurunan daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya terkecil terjadi pada putaran mesin tertinggi (3800 rpm). Pada sistem pengapian standar pada putaran mesin 3800 rpm daya yang dihasilkan sebesar 14,353 kW.

Sedangkan pada pengapian yang menggunakan booster daya pada putaran yang sama yaitu 14,904 kW atau lebih besar 0,551 kW (3,83 %) dari pengapian standar. Dapat dianalisa dari Tabel 1 dan Gambar 4 bahwa daya akan cenderung turun pada putaran mesin yang semakin bertambah meskipun daya akan semakin meningkat dengan semakin bertambahnya putaran mesin. Hal ini karena pada putaran mesin semakin tinggi kecepatan hisap piston akan meningkat sehingga waktu pemasukan juga akan semakin singkat maka efisiensi volumetrik dan pengisiannya juga akan turun.

Pembakaran akan maksimal jika pemasukan campuran bahan bakar dan udara besar, tekanan kompresi optimal dan pengapian yang optimal. Faktor penurunan tegangan pengapian juga akan mempengaruhi daya yang dihasilkan. Karakteristik dari pengapian baterai konvensional yaitu terjadi penurunan tegangan pengapian pada putaran mesin yang tinggi, dikarenakan pada kecepatan tinggi saat menutupnya kontak platina semakin singkat sehingga aliran arus primer kurang mencukupi dan tegangan pengapian akan turun sehingga menyebabkan daya yang dihasilkan juga akan menurun.

Dengan menggunakan booster tegangan pengapian yang dihasilkan akan lebih stabil dan kuat, bunga api yang dihasilkan juga semakin kuat. Salah satu syarat pembakaran campuran bahan bakar-udara adalah bunga api yang kuat (disebabkan karena udara memiliki tahanan listrik yang naik ketika udara dikompresikan). Dengan bunga api yang kuat dan stabil akan

meningkatkan temperatur dan tekanan pembakaran serta gaya dorong hasil pembakaran. Proses pembakaran yang lebih optimal akan menyebabkan daya mesin yang dihasilkan lebih besar bila dibandingkan dengan pengapian standar. Nilai rerata daya mesin yang dihasilkan dari sistem pengapian menggunakan booster juga lebih besar bila dibandingkan dengan sistem pengapian standar. Kenaikan daya reratanya yaitu sebesar 2,79 % dari sistem pengapian standar.

Dari Tabel 2 dan Gambar 5 hasil penelitian konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) menunjukkan bahwa pada sistem pengapian yang menggunakan booster lebih hemat dibandingkan dengan sistem pengapian standar pada tiap variasi putaran mesin.



Gambar 5. Grafik SFC dan RPM

Menurut Tabel 2 dan Gambar 5 pada sistem pengapian standar sfc yang dihasilkan sebesar 0,246 kg/kW-h pada putaran mesin 2000 rpm. Berbeda dengan pengapian yang menggunakan booster. Pada putaran mesin yang sama sfc yang dihasilkan sebesar 0,222 kg/kW-h atau lebih kecil 0,24 kg/kW-h (10,80%) dari pengapian standar. Hal ini dapat dianalisa bahwa meskipun pada putaran rendah tegangan pengapian tinggi tetapi dengan menggunakan booster maka tegangan pengapian akan lebih tinggi dan bunga api yang dihasilkan juga akan lebih kuat daripada pengapian standar sehingga proses pembakaran yang terjadi akan lebih sempurna dan menghemat konsumsi bahan bakar.

Kemudian pada putaran mesin 2000 rpm sampai dengan 2400 rpm terjadi penurunan sfc. Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 5 pada sistem pengapian standar sfc minimum yang dihasilkan sebesar 0,231 kg/kW-h pada putaran mesin 2400 rpm. Pada sistem pengapian yang menggunakan booster nilai sfc minimum sebesar 0,219 kg/kW-h pada putaran mesin 2200 rpm atau lebih kecil 0,16 kg/kW-h atau turun sebesar 7,30% dibandingkan sistem pengapian standar pada putaran mesin yang sama. Hal ini dapat dianalisa karena pada kisaran putaran mesin 2400 rpm

efisiensi volumetrik dan efisiensi pengisiannya optimal, daya yang dihasilkan juga maksimal dan proses pembakaranyang berlangsung terjadi sempurna sehingga menyebabkan nilai sfc yang dihasilkan paling minimum. Namun dengan menggunakan booster maka sfc yang dihasilkan akan lebih kecil dikarenakan tegangan pengapian yang dihasilkan lebih besar sehingga bunga api semakin kuat dan stabil yang mana akan memperbaiki proses pembakaran, pembakaran menjadi lebih sempurna dan akhirnya dapat menghemat pemakaian bahan bakar.

Untuk sfc maka faktor yang sangat berpengaruh adalah waktu konsumsi dan daya yang dihasilkan. Maka berdasarkan konsep tersebut dapat disimpulkan bahwa sfc paling minimum secara keseluruhan akan tercapai pada daya maksimal karena pada saat tersebut terjadi pembakaran yang sempurna. Setelah putaran mesin 2400 rp mulai terjadi kenaikan sfc. Kenaikan terjadi sampai pada putaran mesin 3800 rpm.

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 5 sfc maksimum terjadi pada putaran mesin yang paling tinggi. Dapat dianalisa bahwa kenaikan sfc dikarenakan secondary system karburator mulai bekerja pada kisaran putaran mesin menengah (2400 rpm) sehingga akan meningkatkan konsumsi bahan bakar. Dengan putaran mesin yang semakin tinggi maka efisiensi volumetrik dan efisiensi pengisiannya juga akan semakin turun. Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) cenderung meningkat seiring dengan putaran mesin karena pada saat putaran mesin tinggi diperlukan bahan bakar yang cukup untuk memenuhi kebutuhan mesin. Selain itu juga terjadi penurunan tegangan pengapian pada putaran mesin yang semakin bertambah (karakteristik pengapian baterai konvensional) dan bunga api yang dihasilkan akan melemah sehingga kualitas pembakarannya juga akan menurun.

Pada pengapian menggunakan booster nilai sfcnya lebih kecil dibandingkan pengapian standar. Karena pada putaran mesin tinggi meskipun terjadi penurunan tegangan pengapian namun dengan menggunakan booster, penurunan tegangan pengapiannya lebih kecil. Tegangan pengapian lebih tinggi dan bunga api yang dihasilkan lebih kuat dan stabil bila dibanding pengapian standar yang mana akan menyebabkan terjadinya proses pembakaran lebih sempurna sehingga konsumsi bahan bakarnya akan lebih irit/hemat. Konsumsi bahan bakar (sfc) pada sistem pengapian menggunakan booster nilai reratanya lebih kecil atau lebih hemat dibandingkan dengan sistem pengapian standar. Prosentase penghematan reratanya

yaitu sebesar 6,99% dari sistem pengapian standar.

5. PENUTUP

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dan konsumsi bahan bakar spesifik antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster pada mesin Toyota seri 5K pada hydraulic engine test bed di Laboratorium Teknik Mesin UNNES dengan variasi putaran mesin 2000 rpm sampai dengan 3800 rpm. Keterbatasan kemampubacaan yang rendah dari instrumen alat ukur yang dipakai dimungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan.

Berdasarkan data hasil uji coba penelitian studi perbandingan antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster dengan objek penelitian mesin Toyota seri 5K dapat disimpulkan bahwa adanya perbedaan daya pada mesin Toyota seri 5K antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster. Daya maksimal yang dihasilkan pada sistem pengapian yang menggunakan booster sebesar 27.723 kW, naik 2.61 % dari sistem pengapian standar pada putaran mesin 2400 rpm. Sedangkan prosentase kenaikan rerata daya sebesar 2.79 %.

Selain itu, adanya perbedaan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) antara sistem pengapian standar dengan pengapian yang menggunakan booster. Prosentase penurunan rerata konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) sebesar 6.99%. Pada sistem pengapian yang menggunakan booster, sfc minimum sebesar 0.219 kg/kWh pada putaran mesin 2200 rpm. Pada pengapian standar sfc minimum sebesar 0.231 kg/kWh pada putaran mesin 2400 rpm.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, Rosli, Sera, Mardani Ali, and Mun, Wong Hong. *Towards The Implementation Of CNG Engine: A Literature Review Approach To Problems and Solutions*, *BSME-ASME International Conference on Thermal Engineering*, Dhaka, 2001.
- Arikunto, Suharsimi. 1996. *Prosedur Penelitian : Sut Pendekatan Praktek*. Jakarta; PT. Rineka Cipta, 1996.
- Heywood, John B., *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill International Edition, 1988.
- Suyanto, Wardan., *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 1989; 252.