

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERUBAHAN DURASI CAMSHAFT OVERLAP DURATION TERHADAP KINERJA MOTOR OTTO EMPAT LANGKAH SATU SILINDER DOHC

Bhirowo Wihardanto, Riccy Kurniawan, Wegie Ruslan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Jl. Jenderal Sudirman No. 51, Daerah Khusus Ibukota Jakarta
Email: bhirowowihardanto@gmail.com

Abstrak

Banyak langkah yang dapat ditempuh untuk meningkatkan kinerja sepeda motor. Salah satunya adalah dengan melakukan perubahan pada Camshaft Overlap Duration. Camshaft Overlap Duration adalah lamanya waktu katup masuk dan katup buang dalam keadaan membuka secara bersamaan. Pengujian ini menggunakan motor Otto satu silinder DOHC dengan kapasitas 150 cc, lalu dilakukan pengukuran nilai daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik, konsumsi bahan bakar aktual dari setiap Camshaft Overlap Duration. Camshaft Overlap Duration yang digunakan untuk pengujian memiliki besaran 17 °, 23 °, 27 ° (standar) dan 30 °. Hasil pengujian membuktikan terjadinya peningkatan daya lebih besar 11,94% dibanding kondisi standar jika menggunakan besaran 30 °. Sedangkan besaran 17 ° menghasilkan daya yang lebih rendah 0,47% dibandingkan kondisi standar. Terjadinya peningkatan torsi sebesar 2,61% pada besaran 23 °, sedangkan torsi menurun sebesar 4,13% saat menggunakan besaran 30 °. Setelah dilakukan perubahan Camshaft Overlap Duration untuk besaran 23 °, konsumsi bahan bakar spesifik menjadi lebih rendah daripada kondisi standar pada kondisi putaran mesin 6000 – 9000 rpm. Pada pengujian konsumsi bahan bakar aktual, besaran 30 ° menghasilkan konsumsi bahan bakar aktual lebih rendah 8,35 % dibandingkan besaran 27 ° (standar) yaitu sebesar 29,4 Km/Liter (standar = 32, 3 Km/Liter) dengan kecepatan berkendara 60 – 120 Km/Jam.

Kata kunci: bahan bakar, camshaft, daya, overlap, torsi

1. PENDAHULUAN

Terdapat banyak cara untuk meningkatkan performa sepeda motor. Inovasi yang telah dilakukan antara lain adalah menggunakan sistem elektronik, mengganti karburator dengan injeksi, mengganti material bergerak dengan yang lebih ringan, mengganti part yang dapat memperkecil gesekan. Selain inovasi tersebut, juga dapat dilakukan modifikasi seperti porting polish, mengganti saluran gas buang, meningkatkan kompresi, dan mengubah Camshaft Overlap Duration.

Perubahan Camshaft Overlap Duration pada camshaft ini akan berpengaruh terhadap berapa lama waktu saat katup masuk dan katup buang dalam keadaan terbuka secara bersamaan sehingga mempengaruhi daya dan torsi yang akan dihasilkan sepeda motor. Lamanya waktu saat katup masuk dan katup buang dalam keadaan terbuka secara bersamaan mempengaruhi jumlah gas hasil campuran udara dan bahan bakar sehingga mempengaruhi daya dan torsi. Penelitian Camshaft Overlap Duration terhadap kinerja motor otto empat langkah satu silinder dilakukan untuk memperoleh perbandingan daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan konsumsi bahan bakar aktual pada setiap Camshaft Overlap Duration yang diteliti.

Masalah yang akan dipecahkan pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh Camshaft Overlap Duration pada motor otto satu silinder DOHC. Camshaft Overlap Duration adalah lamanya waktu katup masuk dan katup buang dalam keadaan membuka secara bersamaan. Saat katup terbuka maka akan masuk gas hasil campuran udara dan bahan bakar yang berasal dari injector.

Tujuan penelitian adalah memberikan informasi bahwa perubahan Camshaft Overlap Duration dapat meningkatkan dan menurunkan daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik dan konsumsi bahan bakar aktual.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Motor Pembakaran

Motor yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengubah suatu energi menjadi energi lain. Ganesan mendefinisikan motor pembakaran dalam adalah motor yang mengubah energy panas menjadi energi mekanik [1]. Ditinjau dari cara memperoleh energi termal atau berdasarkan tempat pembakarannya, motor pembakaran dibagi menjadi dua golongan, yaitu motor pembakaran luar dan motor pembakaran dalam.

Motor Pembakaran Dalam

Motor pembakaran dalam adalah motor di mana proses pembakaran itu sendiri sehingga gas pembakaran terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Motor pembakaran dalam menggunakan satu atau lebih silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak translasi. Di dalam silinder itulah terjadi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara.

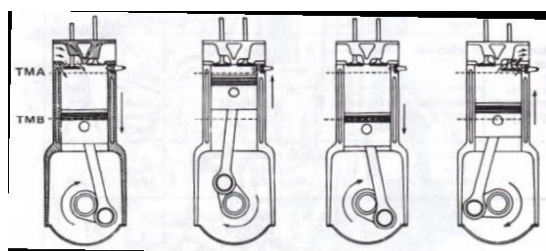
Berdasarkan cara melakukan pembakaran, motor pembakaran dibedakan menjadi dua, yaitu *Compression Ignition Engine (CI)* dan *Spark Ignition Engine (SI)* yang biasa dikenal dengan motor otto [2].

Spark Ignition Engine

SI merupakan motor yang bekerja dengan menggunakan nyala api dari busi. Pada prinsipnya *SI* memberikan output daya yang besar, stabil dan dapat bekerja pada putaran tinggi dengan konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang yang rendah [3].

Prinsip Kerja Motor Otto

Prinsip kerja motor otto empat langkah dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema gerakan torak pada motor empat langkah [3]

Terdapat empat langkah, yaitu: langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang [1].

Efisiensi Mekanis

V. Ganesan menyatakan bahwa tenaga yang dihasilkan oleh motor pada poros roda disebut dengan *Brake Horse Power (BHP)*. Sedangkan total tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran pada ruang bakar tentunya lebih besar dibandingkan dengan *BHP* dan disebut dengan *Indicated Horse Power (IHP)*. Perbedaan antara *BHP* dan *IHP* menunjukkan kerugian tenaga dalam komponen-komponen mekanis. Sedangkan perbedaan antara *BHP* dan *IHP* disebut dengan istilah *Friction Horse Power (FHP)*.

Daya

Besarnya daya motor merupakan fungsi dari torsi yang terukur oleh *dynamometer* dan besar putaran poros motor yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

Atau dapat juga dinyatakan dengan hasilkalibrasi *dynamometer* :

Keterangan:

$BHP = \text{Brake Horse Power [HP]}$

$P = \text{Gaya yang terbaca pada dynamometer}$

$[N]$ $R = \text{Panjang lengan dynamometer [m]}$

$N_d = \text{Putaran motor [rpm]}$

Torsi

Konsep torsi dalam fisika, juga disebut momen, diawali dari kerja Archimedes dalam lever. Informalnya, torsi dapat dipikir sebagai *gaya rotasional*. Analog rotational dari gaya, masa, dan percepatan adalah torsi, momen inerti dan percepatan angular. Gaya yang bekerja pada lever,

dikalikan dengan jarak dari titik tengah lever, adalah torsi. Secara matematik, torsi dinyatakan sebagai *cross product* seperti ditunjukkan pada persamaan:

$$T = r \times F \quad (1)$$

Keterangan:

r = Vektor dari sumbu putaran ke titik di mana gaya bekerja

F = Vektor gaya.

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption, SFC*) adalah jumlah pemakaian bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan daya satu daya kuda selama satu jam. Semakin besar nilai *SFC*, berarti semakin boros pemakaian bahan bakarnya dengan perolehan daya yang sama. Sebaliknya, semakin kecil nilai *SFC* menunjukkan semakin hemat pemakaian bahan bakarnya. *Brake Specific Fuel Consumption* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$BSFC = \frac{3600 m}{BPH \times t} \quad (2)$$

Keterangan:

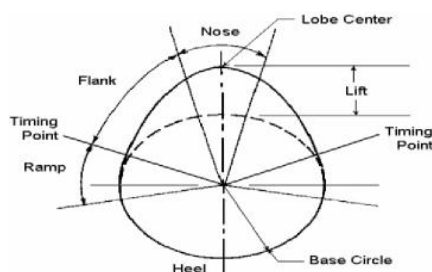
BSFC = *Brake Specific Fuel Consumption* [kg/HP.jam]

m = Massa bahan bakar [kg]

t = waktu konsumsi bahan bakar [detik]

BHP = *Brake Horse Power* [HP]

Camshaft

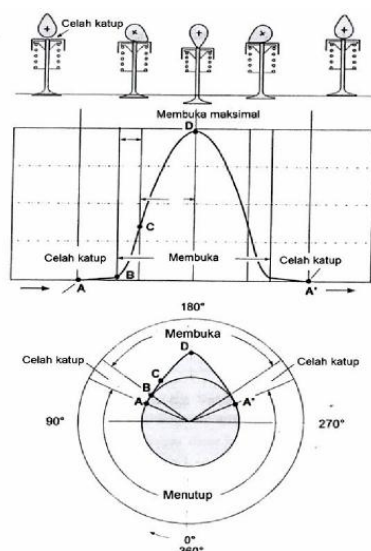


Gambar 2. Camshaft

Camshaft berfungsi untuk mengatur waktu buka dan tutup katup secara halus sesuai dengan langkah kerja mesin motor. Titik Pembebanan *camshaft* ada 3, yaitu gesekan pada bantalan *camshaft*, pembengkokan saat menekan katup, dan momen puntir yang disebabkan oleh tarikan penggerak *camshaft* (rantai/*timing-belt*) [4].

Biasanya bantalan *camshaft* terbuat dari campuran aluminium dan logam putih yang dapat meredam panas akibat gesekan dengan *camshaft*. Letak *camshaft* pada mesin motor ada 2, yaitu berada di kepala silinder (OHC) atau berada di dekat kruk-as (OHV) [4].

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan jika ingin membuat *camshaft* adalah durasi, *lift*, *overlap*, dan *LSA* (*Lobe Separation Angle*). Dengan mengubah durasi, berarti dapat mempercepat atau memperlambat *timing* buka dan tutup *camshaft*.



Gambar 3. Proses Kerja Camshaft

Durasi memiliki kaitan dengan *timing*. Durasi *overlap* artinya adalah lama waktu saat katup masuk dan katup buang dalam keadaan terbuka secara bersamaan. *Timing* artinya adalah waktu dimana *camshaft* mulai terbuka dan saat tertutup. Pada umumnya durasi *overlap* menggunakan satuan derajat. Derajat durasi *overlap camshaft* selalu terukur dalam durasi perputaran *crank shaft*. Tiap produsen kendaraan bisa saja memproduksi *camshaft* dengan durasi yang sama, akan tetapi ada perbedaan profil *camshaft* yang mempengaruhi *lift* dan *timing* dalam durasi *camshaft* tersebut.

3. METODOLOGI

Percobaan penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan beberapa peralatan, seperti *dynamometer*, gelas ukur, *stopwatch*, dan *tachometer*. Peralatan yang digunakan dalam eksperimen sudah sesuai dengan standarisasi yang berlaku dan telah dikalibrasi dalam batas waktu pemakaian tertentu, sehingga data hasil eksperimen yang dilakukan, merupakan data yang *valid* dan dapat dipertanggungjawabkan.

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan yaitu tentang uraian prosedur percobaan dengan upaya pengumpulan dan pengolahan data hasil pengujian yang dilakukan. Jenis percobaan penelitian yang digunakan oleh penulis merupakan jenis eksperimen murni dengan tujuan menganalisis hubungan sebab akibat dari data yang diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan.

Pengujian Camshaft

Pada penelitian ini jumlah varian durasi *overlap camshaft* yang digunakan ada empat jenis. Spesifikasi *camshaft* tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Camshaft

No.	Katup Masuk			Katup Buang			Camshaft Overlap Duration {Buka Katup Masuk + Tutup Katup Buang}
	Buka	Tutup	Durasi	Buka	Tutup	Durasi	
1	10°	47°	237°	43°	7°	230°	17°
	sebelum TMB	setelah TMA		sebelum TMB	setelah TMA		
2	13°	44°	237°	40°	10°	230°	23°
	sebelum TMB	setelah TMA		sebelum TMB	setelah TMA		
3	15°	42°	237°	38°	12°	230°	27°
	sebelum TMB	setelah TMA		sebelum TMB	setelah TMA		
4	17°	40°	237°	37°	13°	230°	30°
	sebelum TMB	setelah TMA		sebelum TMB	setelah TMA		

Prosedur Pengujian Pengujian Daya dan Torsi

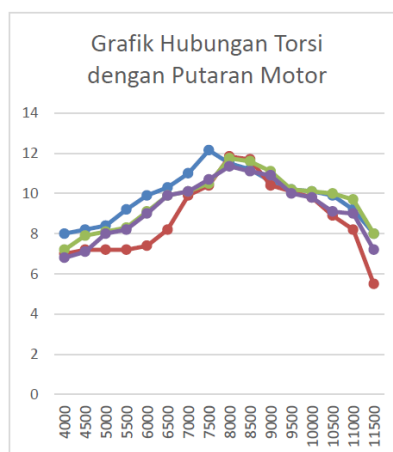
Pengujian daya dan torsi dilakukan dengan menggunakan *dynamometer*, dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Mempersiapkan motor dan menyalakan motor pada putaran *idle*, sekitar 1.500 rpm selama beberapa menit sehingga motor mencapai kondisi kerja.
2. Menaikkan sepeda motor ke atas *dynamometer* dan melakukan pengikatan agar posisinya tetap berada di posisi *centre*.
3. Melakukan run dengan empat macam *camshaft*.

Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pada pengujian konsumsi bahan bakar spesifik dilakukan di *dynamometer*, dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Mempersiapkan motor dan setting *dynamometer* untuk mengatur rpm yang diinginkan. Nyalakan motor selama beberapa menit hingga mencapai kondisi kerja pada putaran stasioner.
2. Mengukur bahan bakar sebanyak 100 ml dengan menggunakan gelas ukur memasukannya ke dalam botol yang berfungsi sebagai pengganti tangki bensin.
3. Mengubah posisi selang bensin ke posisi botol yang telah berisi 100 ml bensin.
4. Menjalankan sepeda motor pada posisi 5.000 rpm sampai motor dalam keadaan *off* karena bahan bakar yang digunakan sudah habis, dan mencatat waktunya dengan menggunakan *stopwatch*.
5. Mengulang langkah dengan putaran yang lebih variatif yaitu 7.000 rpm dan 9.000 rpm Mengulangi langkah 1 sampai 5 dengan pemasangan *camshaft* yang berbeda.

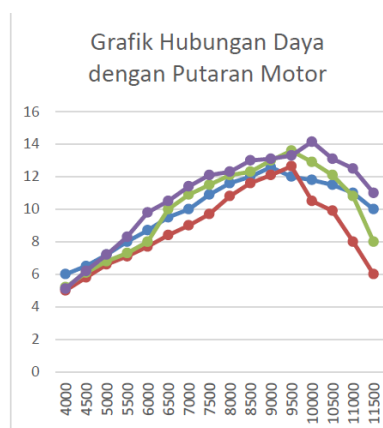


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Torsi Dengan Putaran Motor

Torsi maksimum yang dihasilkan motor dengan *camshaft overlap duration 27°* adalah 11,84 Nm pada putaran 8.100 rpm. Hasil pergantian *camshaft overlap duration 23°* membuat torsi maksimum menjadi 12,15 Nm pada putaran mesin yang lebih rendah yaitu di 7.550 rpm. Dari data dapat dilihat kenaikan torsi sebesar 2,61%. Sedangkan setelah mengganti *camshaft* dengan *camshaft overlap duration 17°* membuat torsi menurun menjadi 11,75 Nm pada putaran 8.025 rpm. Dari data dapat dilihat bahwa penurunan torsi terjadi sebesar 0,76%. Pada *camshaft overlap duration 30°* menghasilkan torsi di angka 11,35 Nm pada putaran 7900 rpm. Pada kombinasi terakhir ini terjadi penurunan torsi yang cukup signifikan yaitu sebesar 4,13 %.

Hasil Pengujian Daya

Dari hasil pengujian daya yang telah dilakukan dengan menggunakan *dynamometer*, diperoleh grafik hubungan antara daya yang dihasilkan dengan putaran motor, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Daya Dengan Putaran Motor.

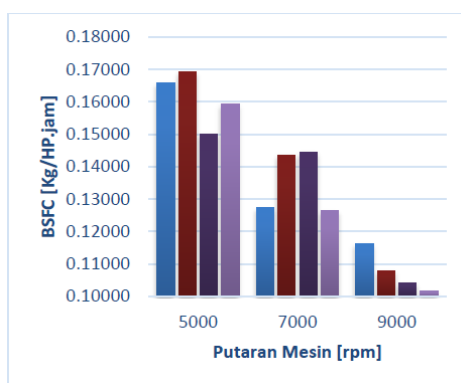
Pada Gambar 5. menunjukkan daya dari setiap *camshaft*. Daya maksimal pada *camshaft overlap duration 27°* adalah sebesar 12,64 HP pada 9.350 rpm. Setelah dilakukan pergantian *camshaft overlap duration 17°* didapat penurunan daya maksimal menj adi 12,58 HP pada 8.900 rpm. Dari data dapat dilihat penurunan daya sebesar 0,47%. Sedangkan setelah mengganti *camshaft* dengan *camshaft overlap duration 23°* membuat daya menjadi 13,6 HP pada putaran 9250 rpm. Dari data dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan sebesar 7,5%. Pada *camshaft overlap duration 30°*, menghasilkan kenaikan di angka 14,15 HP pada putaran 10.050 rpm. Pada kombinasi terakhir ini terjadi yang cukup signifikan yaitu sebesar 11,94 % dibandingkan dengan kondisi standar.

Pengaruh Durasi *Camshaft* Terhadap RPM dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan konsumsi bahan bakar spesifik setelah dilakukan pergantian *camshaft*. Konsumsi bahan bakar spesifik dipengaruhi oleh kesempurnaan motor untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar.

Menurut Heywood faktor lain yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar spesifik antara lain homogenitas campuran bahan bakar, ketersediaan O₂ untuk bereaksi dengan bahan bakar, waktu yang tersedia untuk melakukan pembakaran (bergantung pada putaran motor), perbandingan kompresi dari ruang bakar, sampai desain ruang bakar itu sendiri [3].

Grafik dari pengujian konsumsi bahan bakar spesifik pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pada Gambar 4.3. dapat dilihat hasil dari pengujian konsumsi bahan bakar spesifik pada putaran mesin 5000, 7000, dan 9000. Tampak jelas bahwa pada *camshaft* yang sama, akan mengalami penurunan nilai BSFC di putaran mesin yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan campuran bahan bakar dan gas yang terbakar lebih efisien ketika mesin berputar pada putaran yang lebih tinggi.

5000 RPM

Pada *camshaft overlap duration* 17° , nilai BSFC lebih rendah 2,09 % dibanding pada *camshaft overlap duration* 23° . Nilai BSFC yang lebih rendah juga terjadi pada *camshaft overlap duration* 30° , yaitu sebesar 5,93% dibanding kondisi standar. Nilai BSFC terendah pada rpm ini terjadi pada *camshaft overlap duration* 27° , yaitu sebesar 11,39 %.

Pada rpm 5000, *camshaft overlap duration* 27° merupakan varian *camshaft* dengan efisiensi tertinggi pada proses pembakaran dari campuran bahan bakar dan gas, dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

7000 RPM

Pada *camshaft overlap duration* 17° , nilai BSFC lebih rendah 11,26 % dibandingkan kombinasi standar dan menurun sebesar 23,13 % dibandingkan dengan nilai BSFC pada 5000 rpm. Bila dibandingkan dengan kondisi standar, *camshaft overlap duration* 30° mempunyai nilai BSFC yang lebih rendah dengan persentase sebesar 11,97 %, dan menurun sebesar 20,63 %, bila dibandingkan dengan kondisi 5000 rpm. Untuk *camshaft overlap duration* 27° nilai BSFC lebih tinggi 0,58% dibandingkan dengan kombinasi standar dan mengalami penurunan sebesar 3,73 % dibanding dengan kondisi 5000 rpm.

Pada kondisi 7000 rpm, *camshaft overlap duration* 17° dan *camshaft overlap duration* 30° mempunyai nilai BSFC yang hampir sama. *Camshaft overlap duration* 17° dan *camshaft overlap duration* 30° mempunyai efisiensi pembakaran yang sama baiknya pada kondisi 7000 rpm.

9000 RPM

Pada *camshaft overlap duration* 17° , nilai BSFC lebih tinggi 7,89 % dibandingkan *camshaft overlap duration* 27° dan menurun sebesar 29,78 % dibandingkan dengan nilai BSFC pada 5000 rpm. Bila dibandingkan dengan *camshaft overlap duration* 27° , *camshaft overlap duration* 30° mempunyai nilai BSFC yang lebih rendah dengan persentase sebesar 5,86 %, dan menurun sebesar 36,24 %, bila dibandingkan dengan kondisi 5000 rpm. *camshaft overlap duration* 23° nilai BSFC lebih rendah 3,38 % dibandingkan dengan kombinasi standar dan mengalami penurunan sebesar 30,52 % dibanding dengan kondisi 5000 rpm.

Pada 9000 rpm, *camshaft overlap duration* 30° merupakan kombinasi dengan efisiensi tertinggi pada proses pembakaran dari campuran bahan bakar dan gas, dibandingkan dengan kombinasi lainnya.

5. SIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Terjadi perubahan daya setelah melakukan perubahan pada *Camshaft Overlap Duration*. *Camshaft Overlap Duration* yang lebih tinggi menghasilkan daya yang lebih besar jika dibandingkan dengan *Camshaft Overlap Duration* kondisi standar. Sedangkan *Camshaft Overlap Duration* yang lebih rendah menghasilkan daya yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *Camshaft Overlap Duration* kondisi standar.
2. Perubahan torsi juga terjadi setelah melakukan perubahan pada *Camshaft Overlap Duration*. *Camshaft Overlap Duration* yang lebih tinggi menghasilkan torsi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan *Camshaft Overlap Duration* kondisi standar. Sedangkan *Camshaft Overlap Duration* yang lebih rendah menghasilkan torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan *Camshaft Overlap Duration* kondisi standar.
3. Dengan mengubah *Camshaft Overlap Duration* konsumsi bahan bakar spesifik dapat menjadi lebih rendah dari kondisi standar di berbagai kondisi putaran mesin.
4. Dengan menggunakan besaran 30° menghasilkan konsumsi bahan bakar aktual yang paling rendah bila dibandingkan besaran lainnya dan lebih rendah 8,35 % dibandingkan besaran 27° (standar).

DAFTAR PUSTAKA

- 5P uLLaLLGaI1T.1.1¹ *Penggerak Mula Motor Bakar Torak'* 1EeLLeIEIN1ITCf1CfaLLGuLLg_a 12ELM
* EILL5LLI_a19_a1¹ “*Internal Combustion Engines*”, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limiter,
2003.
+H ZRRG_aII Cf_a11 *Internal Combustion Engine Fundamentals*”, McGraw-Hill Book Company,
1998.
Hammil, ' e5.1¹ “*How To Choose Camshafts And Time Them For Maximum Power'* 19 eLRET 1
Publishing PLC, 1998.