

Uji Kinerja Motor Bakar Empat Langkah Satu Silinder Dengan Variasi Tinggi Buka-an Katup Pada Sudut Pengapian Sepuluh Derajat Sebelum TMA Dengan Bahan Bakar Pertamina Plus

Jhoni Oberton¹, Azridjal Aziz²

Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹jhonipurak@yahoo.co.id, ²Azridjal@yahoo.com

Abstract

Factors that also affect performance and reduce exhaust gas emissions are fuel quality combustion in the combustion chamber. One of the parameters that influence is the amount of supply of combustion air into the combustion chamber. Where this supply is governed by the camshaft mechanism through open-close of the intake valve and the exhaust valve. The purpose of this study is to determine the effect of reduction of lift camshaft on engine performance. The investigation was conducted on a Yamaha jupiter Z1 single-cylinder, four-stroke, spark ignition engine. The experiments were performed by varying the reduction of lift camshaft, with camshaft standard (CAM STD), camshaft condition 1 with reduction of lift camshaft 0.5 mm (CAM 1), camshaft condition 2 with reduction of lift camshaft 0.10 mm (CAM 2) and camshaft condition 3 with reduction of lift camshaft 0.15 mm (CAM 3) and speed of the engine (2000 rpm, 3000 rpm and 4000 rpm). As a result, the maximum effective braking power was on CAM STD, at the engine speed of 3000 rpm that was 535.072 Watt, minimum SFC (Specific Fuel Consumption) was on CAM 2, at the engine speed 3000 rpm that was 1.54×10^{-7} kg/J and the thermal of maximum braking efficiency was on the CAM 2, at the engine speed of 3000 rpm equal to 14.129%.

Keywords: Performance, Internal Combustion Engine, Camshaft

1. Pendahuluan

Untuk menghasilkan mesin dengan performa yang tinggi banyak cara yang ditempuh oleh para mekanik, salah satunya dan yang paling penting adalah dengan melakukan modifikasi pada bagian mesin/komponen mesin. Faktor yang juga mempengaruhi performa dan mengurangi emisi gas buang adalah kualitas pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar. Salah satu parameter yang mempengaruhi adalah besarnya pasokan udara pembakaran ke dalam ruang bakar. Dimana pasokan ini diatur oleh mekanisme *camshaft* melalui buka-tutup katup pemasukan dan katup pembuangan. Peran dari *camshaft* sangatlah penting, diantaranya sebagai menentukan waktu pembukaan katup, mengatur lamanya durasi pembukaan katup, menentukan lamanya durasi *overlap* katup masuk dan katup buang, serta merupakan komponen utama dari mekanisme *valve-train* [1].

Penelitian mengenai motor bakar telah banyak dilakukan di beberapa negara maju dan negara berkembang. Diantaranya penelitian yang dilakukan di India pada tahun 2013 mengenai analisis performa motor bakar empat langkah dengan penggunaan *supercharger*. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan bahwa penggunaan *supercharger* dapat meningkatkan performa dari mesin [2].

Untuk penelitian mengenai motor bakar yang lainnya, mengangkat judul tentang pengaruh perubahan tinggi buka-an katup terhadap kinerja motor bakar. Pengujian dilakukan pada sepeda

motor Honda Supra Fit 100 cc. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa penggunaan *camshaft* dengan *lift* terkecil efektif digunakan pada putaran < 5000 rpm, dengan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 9,95% [3].

Pada tahun 2014, dengan mengangkat tema yang sama yaitu mengenai *camshaft*. Dimana penelitian yang dilakukan adalah meneliti tentang pengaruh penggunaan *camshaft* standar dan *camshaft racing* terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Honda Tiger 2000. Hasil dari penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan *camshaft racing* lebih unggul/baik daripada *camshaft* standar [4].

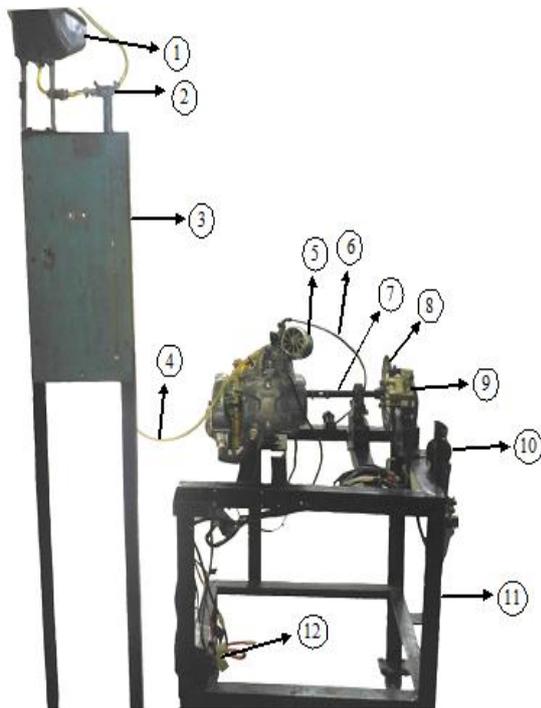
Penelitian yang selanjutnya juga masih mengenai motor bakar. Variabel yang digunakan pada penelitian tersebut adalah dengan memajukan sudut pengapian sebesar 3° dan 6°. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Supra X. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan prestasi mesin meningkat pada derajat pengapian yang dimajukan 6° [5].

Dari latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, penelitian mengenai motor bakar perlu untuk dikembangkan lebih mendalam lagi. Pada penelitian yang dilakukan ini, ingin mengetahui pengaruh pengurangan *lift camshaft* terhadap performa *engine* dengan memvariasikan putaran mesin. Variasi putaran mesin adalah 4000 rpm, 3000 rpm, dan 2000 rpm. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Yamaha Jupiter Z1. Memodifikasi ulang *camshaft* standar diharapkan mampu meningkatkan efisiensi volumetris udara yang

masuk ke ruang bakar dan meningkatkan tekanan kompresi di ruang bakar sehingga dengan demikian dapat memperbaiki kualitas pembakaran di dalam ruang bakar. Kualitas pembakaran yang lebih baik dapat meningkatkan performa yang baik pada suatu *engine*.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran mesin dan tinggi *lift camshaft* terhadap daya efektif pengereman, konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi termal pengereman pada motor bensin empat langkah satu silinder. Untuk sudut pengapian yang digunakan adalah 10° sebelum TMA (Titik Mati Atas). Untuk skema alat uji torsimeter beserta perlengkapan yang digunakan dapat di lihat pada Gambar 1. Adapun motor bakar yang digunakan adalah Yamaha Jupiter Z1 115 cc dengan rasio kompresi 9,3:1 [6].



Gambar 1 Skema Alat Uji Torsimeter

Keterangan Gambar 1:

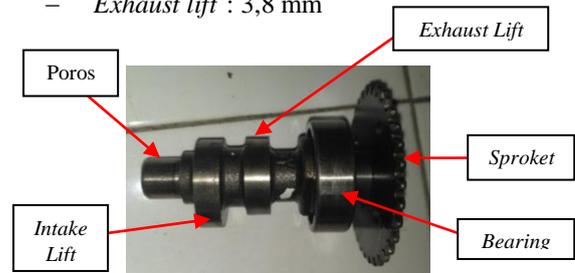
1. Tangki bahan bakar
2. Kran bahan bakar
3. Pipet ukur
4. Selang bahan bakar
5. *Air filter*
6. Tali gas
7. Poros output
8. *Disc brake*
9. Kaliper

10. Neraca digital
11. Rangka
12. Battery

a. Data *Camshaft*

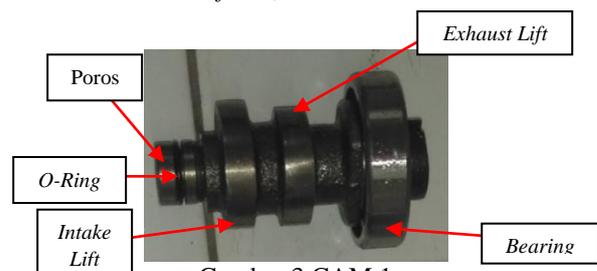
Adapun data spesifikasi dari *camshaft* standar dan *camshaft* yang telah dimodifikasi adalah sebagai berikut:

- *Camshaft* standar (CAM STD)
Adapun *Camshaft* standar dapat dilihat pada Gambar 2.
 - *Intake lift* : 4 mm
 - *Exhaust lift* : 3,8 mm



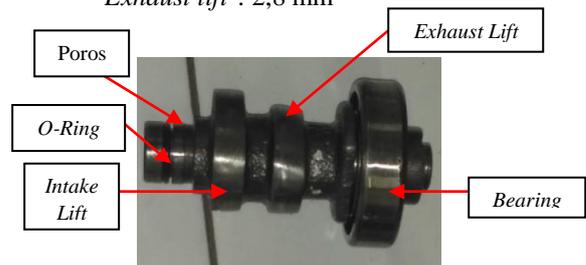
Gambar 2 CAM STD

- *Camshaft* kondisi 1 (CAM 1)
Camshaft dilakukan modifikasi dengan melakukan pengurangan tinggi *lift* sebesar 0,5 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 3. Sehingga didapatkan:
 - *Intake lift* : 3,5 mm
 - *Exhaust lift* : 3,3 mm



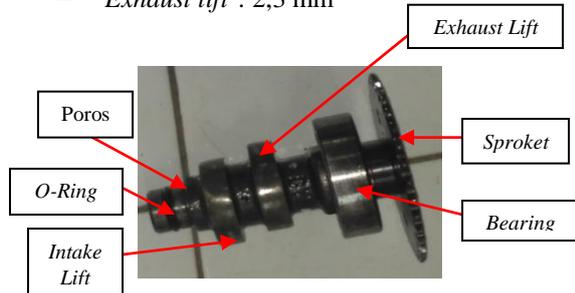
Gambar 3 CAM 1

- *Camshaft* kondisi 2 (CAM 2)
Camshaft dilakukan modifikasi dengan melakukan pengurangan tinggi *lift* sebesar 0,10, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Sehingga didapatkan:
 - *Intake lift* : 3 mm
 - *Exhaust lift* : 2,8 mm



Gambar 4 CAM 2

- *Camshaft* kondisi 3 (CAM 3)
Camshaft dilakukan modifikasi dengan melakukan pengurangan tinggi *lift* sebesar 0,15 mm, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Sehingga didapatkan:
 - *Intake lift* : 2,5 mm
 - *Exhaust lift* : 2,3 mm



Gambar 5 CAM 3

b. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara pengujian menggunakan alat uji motor bakar di laboratorium Hidrolik dan pneumatik, teknik mesin, Universitas Riau. Dengan variabel pengujian yaitu:

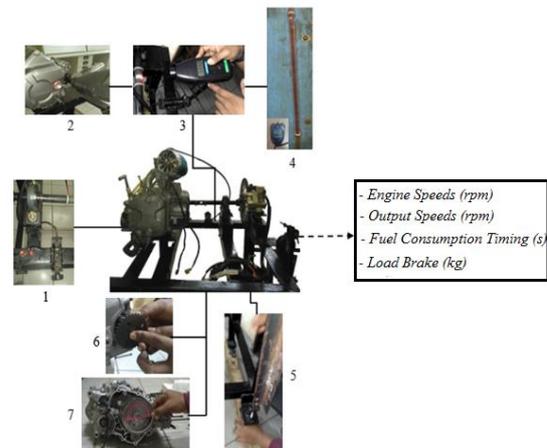
- Pengurangan tinggi *lift camshaft* (0,5 mm, 0,10 mm, dan 0,15 mm)
- Kecepatan putaran mesin (2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm)

c. Prosedur Pengambilan Data

Dari Gambar 6 dapat dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk proses pengambilan data, sebagai pengujian pertama digunakan *camshaft* standar (CAM STD). Adapun langkah selanjutnya adalah sebagai berikut:

- 1) Masukkan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar alat uji.
- 2) Nyalakan mesin lalu biarkan dalam keadaan *idle* pada putaran 1500 rpm selama 20 menit untuk memanaskan mesin sehingga oli bersirkulasi dan melumasi setiap bagian mesin.
- 3) Atur putaran mesin hingga ± 4300 rpm dengan cara memutar tuas gas seperti yang terlihat pada Gambar 6 nomor 1, lalu biarkan beberapa saat hingga putaran mesin stabil.
- 4) Beri beban dengan memutar tuas pengereman seperti yang terlihat Gambar 6 nomor 5, hingga putaran mesin turun menjadi 4000 rpm yang di ukur menggunakan tachometer seperti yang terlihat pada Gambar 6 nomor 2 lalu catat.
- 5) Ukur putaran *output* mesin seperti yang terlihat pada Gambar 6 nomor 3 lalu catat.

- 6) Ukur berapa waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan 5 mL bahan bakar seperti yang terlihat pada Gambar 6 nomor 4.
- 7) Ulangi langkah nomor 4, 5, dan 6 untuk putaran 3000 rpm, dan 2000 rpm hingga putaran *output* mesin berhenti.
- 8) Lakukan pergantian CAM STD dengan CAM 1 seperti yang terlihat pada Gambar 6 nomor 6.
- 9) Ulangi langkah nomor 1 sampai nomor 7 untuk pengujian CAM 1.
- 10) Lakukan pengujian selanjutnya pada CAM 2 dan CAM 3 seperti langkah pada pengujian CAM STD dan CAM 1.



Gambar 6 Skema Pengujian

Keterangan Gambar 6:

1. Tuas gas
2. Pengukuran putaran mesin
3. Pengukuran putaran *output*
4. Pengukuran waktu pemakaian bahan bakar
5. Tuas pengereman
6. *Camshaft*
7. Pengukuran sudut pengapian

d. Pengolahan Data

Parameter pada penelitian ini adalah daya efektif pengereman (N_e), konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi termal pengereman.

1) Daya efektif pengereman

Daya efektif pengereman didefinisikan sebagai laju kerja dan sama dengan perkalian antara gaya dengan kecepatan linier atau torsi dengan kecepatan angular. Untuk mengetahui nilai daya efektif pengereman digunakan rumus pada Persamaan 1 [7].

$$\text{Daya } (N_e) = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} (W) \quad (1)$$

Dimana:

N = Kecepatan putaran poros (rpm)

T = Torsi (Nm)

Untuk mengetahui torsi yang bekerja pada poros digunakan persamaan 2 [8].

$$T = \mu \cdot F_2 \cdot K_1 \cdot R_m \quad (2)$$

Dimana:

- μ = Koefisien gesek sepatu rem
- F_2 = Gaya pada piston rem besar (N)
- K_1 = Konstanta pada rem
- R_m = Jari-jari cakram rem

2) Konsumsi bahan bakar spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption* (SFC). Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dipakai untuk menghasilkan satu satuan daya dalam waktu satu jam. Untuk mengetahui nilai konsumsi bahan bakar spesifik digunakan rumus pada Persamaan 3 [7].

$$SFC = \frac{FC}{N_e} \text{ (kg/J)} \quad (3)$$

Untuk menentukan *fuel consumption* (FC) dapat dirumuskan pada Persamaan 4

$$FC = \frac{V_1 \cdot \rho_{bb}}{t} \text{ (kg/s)} \quad (4)$$

Dimana:

- FC = Konsumsi bahan bakar (kg/s)
- N_e = Daya efektif pengereman (W)
- V_1 = Volume bahan bakar (L)
- t = Waktu (s)
- ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar (kg/L)

V_1 atau volume bahan bakar di dapatkan dari pengukuran secara langsung dengan pipet ukur selama waktu yang telah ditentukan.

3) Efisiensi termal pengereman

Efisiensi termal pengereman merupakan rasio antara *output engine* terhadap energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar. Sehingga efisiensi termal pengereman merupakan ukuran besarnya pemanfaatan energi panas bahan bakar untuk menjadi daya efektif pengereman (*mechanical work*) oleh motor pembakaran dalam. Untuk mengetahui nilai efisiensi termal pengereman digunakan rumus pada Persamaan 5 [7].

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{FC \cdot LHV_f} \times 100 \quad (5)$$

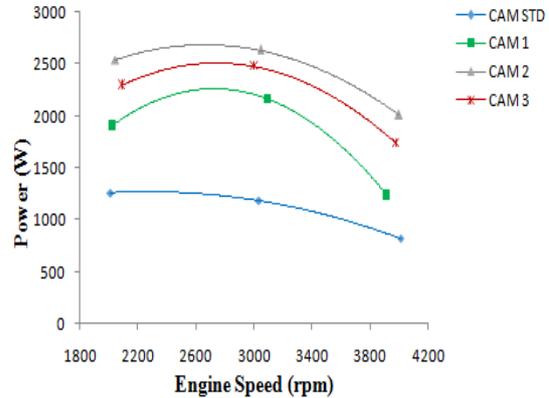
Dimana:

- N_e = daya efektif pengereman (W)
- FC = konsumsi bahan bakar (kg/s)
- LHV_f = nilai kalor bahan bakar (J/kg)

3. Hasil dan pembahasan

Dari Gambar 7 nilai daya efektif pengereman ini dipengaruhi oleh kecepatan poros dan torsi yang dihasilkan mesin. Kenaikan nilai daya efektif pengereman yang terjadi pada mesin ini di sebabkan hasil perkalian kecepatan poros dengan torsi, meskipun nilai torsi turun terhadap kecepatan poros. Namun karena nilai gradien kecepatan poros

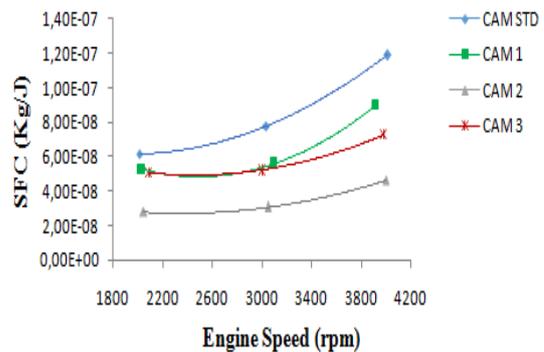
ini kecil sedangkan nilai gradien kecepatan poros besar akibatnya penurunan nilai torsi tidak berpengaruh pada daya efektif pengereman. Daya efektif pengereman maksimum yang dicapai mesin pada saat pengujian yaitu dengan CAM 2 pada kecepatan mesin 3000 rpm yaitu 2633,3 Watt.



Gambar 7 Grafik Kecepatan Mesin vs Daya

Dari Gambar 8 kenaikan SFC terhadap kecepatan mesin dikarenakan semakin cepat mesin berputar maka semakin banyak bahan bakar yang dibutuhkan dan akibat naiknya rpm maka proses pembakaran menjadi tidak sempurna karena waktu pembakaran menjadi semakin singkat [9].

Dari Gambar 8 nilai SFC minimum yaitu menggunakan CAM 2 pada kecepatan mesin 2000 rpm. Besarnya nilai SFC minimum dari Gambar 8 yaitu $2,81 \times 10^{-8}$ kg/J.



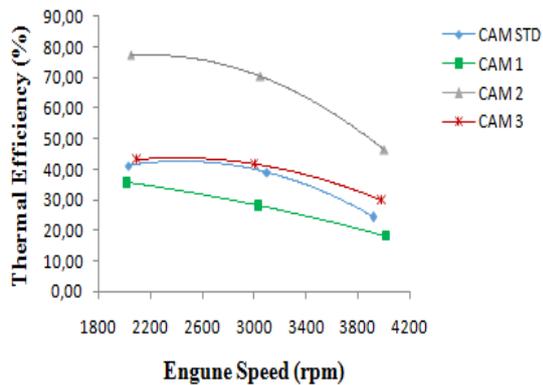
Gambar 8 Grafik Kecepatan Mesin vs SFC

Penurunan nilai efisiensi termal pengereman terhadap kecepatan mesin dikarenakan semakin meningkatnya putaran mesin maka mesin membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak daripada saat putaran rendah [9].

Karena nilai efisiensi pengereman termal dipengaruhi N_e , FC dan LHV maka analisa penurunan efisiensi termal pengereman *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi pada kecepatan mesin yang sama akan sama dengan analisa Gambar 8 grafik kecepatan mesin vs SFC.

Dari Gambar 9 nilai efisiensi termal pengereman maksimum yaitu dengan

menggunakan CAM 2 pada kecepatan mesin 2000 rpm yaitu sebesar 77,3%



Gambar 9 Grafik Kecepatan Mesin vs Efisiensi Termal

4. Simpulan

Adapun simpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Daya efektif pengereman tertinggi dicapai dengan penggunaan CAM 2, yaitu 2633,3 Watt.
- 2) SFC minimum dicapai dengan penggunaan CAM 2, yaitu $2,81 \times 10^{-8}$ kg/J.
- 3) Efisiensi termal pengereman tertinggi dicapai dengan penggunaan CAM 2, yaitu 77,3 %.

Daftar Pustaka

- [1] Bell, A. G. 2006. "Four-Stroke Performance Tuning". Third Edition. J. H. Haynes & Co., Ltd. Great Britain.
- [2] Patel, P. 2013. Performance Analysis Of Four Stroke Internal Combustion Engine With Supercharger. International Journal. Vol. 3, No. 2, 2250-2459.
- [3] Yoshia, F. 2013. Analisa Pengaruh Perubahan Tinggi Buka-an Katup Terhadap Kinerja Motor Bakar Otto. *Skripsi*. Program Studi Sarjana Teknik Mesin UI.
- [4] Stevansa, Priyo A. 2014. Pengaruh Penggunaan *Camshaft* Standar Dan *Camshaft Racing* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah. *Skripsi*. Program Studi S1 Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Machmud, S. 2013. Pengaruh Variasi Unjuk Derajat Pengapian Terhadap Kerja Mesin. *Jurnal Teknik*. 3 (1) : 58-64.
- [6] Yamaha Motor, 2012. "Service Manual Jupiter Z1". Yamaha Motor Kencana Indonesia. Jakarta.
- [7] Arismunandar, W. 1988. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. Edisi 5. Penerbit ITB Bandung.
- [8] Sularso. 2004. Perancangan Elemen Mesin. Pradnya paramita. Jakarta.

- [9] Pratomo, R. 2008. Analisa Performa Sepeda Motor Empat Langkah Satu Silinder Dengan Variabel Sudut Pengapian Dan Campuran Bioethanol Dan Bensin. *Jurnal Ilmiah Teknik Teknik Mesin Universitas Indonesia*.