

MODIFIKASI DURASI CAMSHAFT UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA MESIN SATU SILINDER 115 CC

Irwan Tri Prasetyo

Fakultas teknik, Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: Prasetyo2517@gmail.com

Agung Sudrajad

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email : Agung@untita.co.id

Yusvardi Yusuf

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email : babayusvardi@yahoo.com

ABSTRAK

Performa mesin yang kurang maksimal pada motor standar mengharuskan pengguna motor memodifikasi sektor mesin, salah satunya pada durasi *camshaft*. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa motor dengan memodifikasi durasi *camshaft*. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa . Modifikasi dilakukan dengan merubah durasi *camshaft* dan *lobe separation angle* (LSA), dimana durasi *camshaft* standart pada katup *intake* 221° dan *lobe separation angle* 96.75° serta katup *exhaust* 202° *lobe separation angle* 84° . Modifikasi *camshaft* ke-satu dengan durasi katup *intake* 235° dan *lobe separation angle* 100.5° serta katup *exhaust* 235° dengan *lobe separation angle* (LSA) $102,5^{\circ}$ yang akan dibandingkan dengan modifikasi *camshaft* ke-dua dengan durasi katup *intake* 260° dan *lobe separation angle* (LSA) 104° serta katup *exhaust* durasi 260° dengan *lobe separation angle* 107°). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa mesin terbaik yakni menggunakan modifikasi *camshaft* ke-dua. Peningkatan torsi pada modifikasi *camshaft* adalah 19,182 % dan 22,902 % untuk modifikasi satu dan dua secara berturut-turut terhadap *camshaft* standar. Untuk peningkatan daya modifikasi *camshaft* terhadap *camshaft* standar adalah 7,378% dan 13,45% untuk modifikasi satu dan dua secara berturut-turut.

Kata kunci : Motor, Performa, Modifikasi Camshaft , *Lobe Separation Angle* (LSA).

ABSTRACT

The performance that is not optimal on a standard motorcycle requires users to do modification on the engine sector. The objective of this research was to improve motorcycle performance by modifying the camshaft duration. The research conducted at Motorcycle Combustion Laboratories Of Engineering Faculty Of Sultan Ageng Tirtayasa University. The modification conducted by changing the camshaft duration and the Lobe Separation Angle (LSA) where the standard of camshaft duration on valve intake was 221° with the Lobe Separation Angle (LSA) was 96.75° . The valve exhaust was 202° with lobe separation angle was 84° . The Camshaft duration on the first modification where valve intake was 235° and the lobe separation angle was 100.5° and valve exhaust was 235° and the lobe separation angle was 102.5° . Meanwhile, the camshaft duration on the second modification was valve intake was 260° and lobe separation 104° and valve exhaust duration were 260° and lobe separation angle 107° . On the first test by using camshaft duration first modification, the torque was increased 19.182% than using standard camshaft. In the second testing by using the second modified camshaft duration, the torque was increased 22.902% compared with the standard camshaft. On the other hand, the power of first modification camshaft with the standard camshaft was 7.378%, the second modification camshaft with the standard camshaft is 13.45% and the rate of fuel consumption on the standard camshaft with the first modification was 15% and on the standard

camshaft with the second modification was 15%. The results of this research indicated the best engine performance using a second modified camshaft duration.

Keywords: Motor, Performance, Camshaft Modification, Lobe Separation Angle (LSA).

1. PENDAHULUAN

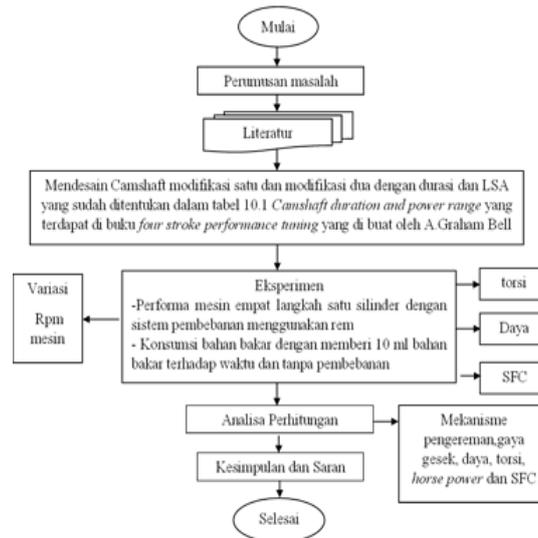
Di era modern ini, transportasi merupakan sarana yang dibutuhkan oleh masyarakat. Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan transportasi selalu meningkat khususnya kendaraan sepeda motor. Hal ini diperkuat oleh data Badan pusat statistik yang menyatakan bahwa pada tahun 2018 sudah tercatat 120.101.047 kendaraan sepeda motor di Indonesia [1]. Hal tersebut diikuti pula dengan perkembangan teknologi kendaraan. Kendaraan yang diproduksi oleh perusahaan manufaktur umumnya sudah melalui tahap perancangan dan pengujian sehingga memenuhi standar layak pakai seperti keamanan dan kenyamanan. Namun pada sebagian pengguna sepeda motor sering kali performa mesin bawaan pabrik (*standard engine*) masih dirasa kurang maksimal, sehingga membuat pengguna sepeda motor memutuskan untuk melakukan modifikasi di sektor mesin untuk meningkatkan performa.

Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor dapat dilakukan dengan memaksimalkan kinerja sistem *camshaft*. Torsi yang dihasilkan oleh motor berbanding lurus dengan penambahan kecepatan (RPM) serta daya (*Power*) yang diberikan untuk meningkatkan performa mesin [2]. Dengan merubah durasi dan menambah tinggi bukaan katup maka performa mesin motor akan meningkat [3]. Merubah durasi pada *camshaft* ini bertujuan untuk mengubah waktu membuka dan menutupnya katup yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi volumetrik, sedangkan pada *Lobe Separation Angle (LSA)* perubahan akan divariasikan dengan tujuan untuk meningkatkan power pada putaran atas [4]. Salah satu cara untuk mendapatkan efisiensi *volumetric* yang maksimal sehingga dapat menghasilkan tenaga seoptimal mungkin adalah dengan melakukan modifikasi pada *camshaft* [5].

Memodifikasi sistem kerja *camshaft* dilakukan dengan mengubah durasi dan *lobe separation angle (LSA)* untuk meningkatkan performa mesin. Namun, perubahan durasi dan *Lobe Separation Angle (LSA)* pada setiap *camshaft* tidak selamanya berbanding lurus dengan torsi dan RPM yang diperoleh [6]. Hal tersebut menyebabkan munculnya produk *aftermarket* di pasar otomotif dengan pelbagai merek yang tidak memberikan hasil yang maksimal. Hasil pengujian kekerasan *camshaft* standar lebih tinggi 30% dibanding dengan *camshaft aftermarket*, hal ini dipengaruhi struktur mikro *camshaft* standar berbentuk grafit lebih rapat dan halus dibandingkan *camshaft aftermarket* [7]. Saat ini, modifikasi durasi dan *Lobe Separation Angle (LSA)* dilakukan dengan mendesain menggunakan *software* dan dikerjakan oleh mesin *Computer Numerical Control (CNC)*. Penelitian ini merujuk pada buku *Alexander Graham Bell* [8]. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan performa mesin satu silinder empat langkah kapasitas 155 cc dengan memodifikasi durasi dan *LSA camshaft*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Bulan September 2019 bertempat di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dengan pengujian berupa mesin motor yang setiap empat langkah torak atau piston (dua putaran engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja atau bisa disebut juga dengan motor bensin empat langkah [9].



Gambar 1. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode uji eksperimental dengan membandingkan performa keluaran yang dihasilkan dari *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan *camshaft* modifikasi 2. Adapun performa yang dimaksud adalah daya dan torsi. Hasil performa diperoleh dengan pengujian nilai daya dan torsi pada RPM 2000, 4000, 6000 dan 8000 dengan pembebanan maksimum. Pembebanan dilakukan dengan mekanisme pengereman (*braking system*) yang telah di desain sehingga layak untuk dilakukan pengujian. Adapun alat dan bahan serta spesifikasi dari mesin uji adalah sebagai berikut.

Tabel. 1 Spesifikasi Mesin, alat dan bahan

Spesifikasi Mesin		Alat dan Bahan
Tipe Mesin	4 Langkah, SOHC 2 Klep Van Cooler	Mesin Yamaha Mio J Produksi 2012
Diameter x Langkah	50.0 x 57.9 mm	Tachometer
Volume Silinder	115 cc	Load Cell
Rasio Kompresi	9.3 : 1	Dial Indikator
Kapasitas Oli Mesin	0.9 Liter	Toolkit
Bahan Bakar	Oktan 92	Camshaft

3. PERSAMAAN MATEMATIKA

Tabel. 2 Persamaan matematika

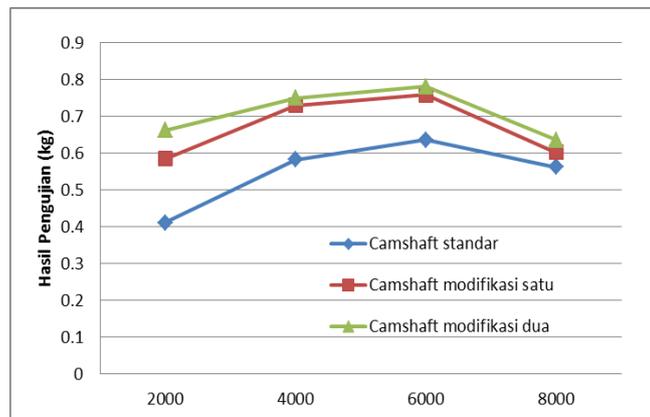
Rumus			
Momen gaya pada <i>handle</i>	$F_1 = m \times g = N$	Torsi Motor	$T = F_3 \times \mu \times kt \times rm$
Gaya Gesek Disk brake	$F_{gesek} = F_3 \times \mu$	Daya Motor	$P = 2\pi \times \frac{N_{rev}}{s} \times T \times 10^{-3}$
Titik Tengah Gesekan	$rm = \frac{(rb+rk)}{2}$	Konsumsi Bahan Bakar	$Sfc = \frac{Fc}{P}$
Gaya dorong pada piston <i>Kaliver</i>	$F_3 = \frac{F_2 \times A_2}{A_1}$	Konstanta Pega	$k = \frac{G \times d^3}{8.N.D^2}$
Gaya dorong pada piston master rem	$F_2 = \frac{T_1}{X_2}$		

Tabel. 3 Notasi dan keterangan [10]

Notasi	Keterangan	Notasi	Keterangan
n	Putaran Mesin (rpm)	X₁	Jarak handle rem dari poros ke ujung handle (m)
P	Daya Mesin (hp)	m	Beban yang dihasilkan oleh timbangan digital (kg)
T	Torsi (Nm)	g	Gravitasi (9,8 m/s ²)
Sfc	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gr/kWh)	G	Modulus geser baja (Gpa)
p	Tekanan pada hidrolik	K	Konstanta pegas
F₁	Gaya pengereman pada handle (N)	d	Tebal pegas master rem (m)
F₂	Gaya dorong pada piston master rem (N)	D	Diameter pegas master rem (m)
F₃	Gaya pengereman pada pendorong piston kampas rem (N)	N	Jumlah gulungan pegas master rem
X₁	Jarak handle rem dari poros ke ujung handle (m)	F_{pegas}	Gaya pegas (N)
X₁	Jarak handle rem dari poros ke penekan piston master rem (m)	F₁'	Gaya maksimal pada rem (N)
sfc	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (gr/kWh)	A₁	Luas piston master rem (m ²)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan metode pembebanan melalui pengereman (*handel* rem) pada setiap rpm dan pada setiap *camshaft*. Data hasil pengujian kemudian diolah sehingga memperoleh grafik sebagai berikut.



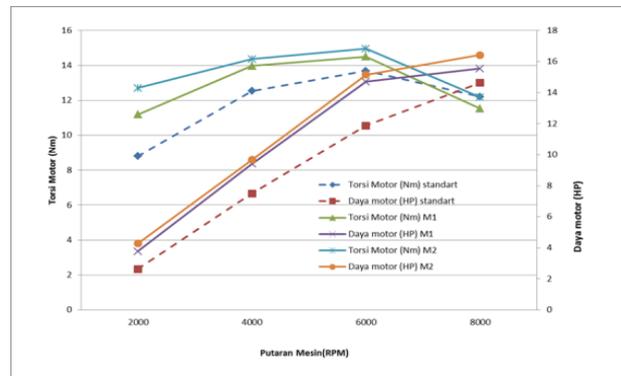
Gambar 2 Grafik perbandingan gaya yang dihasilkan *handle rem* antara *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan *camshaft* modifikasi 2 terhadap putaran mesin (rpm)

Pada gambar 2 grafik perbandingan gaya yang dihasilkan *handle rem* antara *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan *camshaft* modifikasi 2 terhadap putaran mesin (rpm) dapat dilihat bahwa gaya puncak untuk semua jenis *camshaft* terjadi di rpm 6000. Hal ini menandakan bahwa performa mesin terbaik ada pada putaran 6000 rpm. Namun yang menarik adalah, peningkatan gaya yang dihasilkan tiap rpm pada *camshaft* modifikasi 1 dan modifikasi 2. Peningkatan gaya menunjukkan peningkatan performa mesin yaitu daya atau torsi [7]. *Camshaft* modifikasi 1 mengalami peningkatan sebesar 50% di rpm 2000, 22% di rpm 4000, 22,6% di rpm 6000 dan 3,5 % di rpm 8000 jika dibandingkan dengan *camshaft* standar. Sedangkan *camshaft* modifikasi 2 mengalami peningkatan sebesar 65% di rpm 2000, 25,4% di rpm 4000, 23,8% di rpm 6000 dan 8,6% di rpm 8000.

Peningkatan gaya pada *camshaft* modifikasi 2 disebabkan oleh sudut durasi *camshaft* yang tinggi yang mengakibatkan waktu bukaan klep (*valve*) menjadi lama, sehingga bahan bakar dan udara yang terkarburasi masuk ke ruang bakar dengan kubikasi yang lebih besar mengakibatkan pembakaran menjadi lebih sempurna.

Dari data gaya *handle* di atas dapat digunakan untuk mengetahui daya dan torsi motor, berikut grafik yang menggambarkan daya dan torsi motor dari setiap *camshaft*.

a. Daya dan torsi pada *camshaft* standar, modifikasi satu dan modifikasi dua



Gambar 3. Grafik perbandingan daya dan torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan *camshaft* modifikasi 2 pada setiap putaran (rpm)

Gambar 3 menggambarkan grafik perbandingan daya dan torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan *camshaft* modifikasi 2 pada setiap putaran mesin (rpm). Grafik tersebut menunjukkan peningkatan daya dan torsi pada *camshaft* modifikasi 1 dan 2 terhadap *camshaft* standar.

Berdasarkan grafik, *camshaft* modifikasi 1 menghasilkan peningkatan daya sebesar 30,1% di rpm 2000, 20,3% di rpm 4000, 19,3% di rpm 6000 dan 5,9% di rpm 8000 terhadap *camshaft* standar. Sedangkan untuk *camshaft* modifikasi 2 mengalami peningkatan daya (Hp) sebesar 38,4% di rpm 2000, 22,5% di rpm 4000, 21,7% di rpm 6000, dan 10,9% di rpm 8000. Begitupun dengan nilai torsinya. Torsi yang dihasilkan pun ikut meningkat. Berdasarkan grafik di atas, *camshaft* 1 mengalami peningkatan nilai torsi sebesar 30,0% di rpm 2000, 20,3% di rpm 4000, 16,1% di rpm 6000, dan 5,9% di rpm 8000 jika dibandingkan dengan *camshaft* standar. Sedangkan untuk *camshaft* 2, nilai torsi mengalami peningkatan sebesar 38,4% di rpm 2000, 22,4% di rpm 4000, 18,6% di rpm 6000 dan 10,9% di rpm 8000.

Peningkatan nilai daya dan torsi disebabkan oleh durasi *camshaft* yang memiliki sudut bukan yang besar. *Camshaft* modifikasi 2 dengan durasi *camshaft* tinggi memungkinkan klep masuk (valve in) membuka lebih lama, sehingga jumlah cc/unit antara bahan bakar dan udara yang terkarburasi masuk ke ruang bakar lebih besar, mengakibatkan pembakaran lebih sempurna. Berikut tabel perbandingan daya dan torsi setiap *camshaft*.

Tabel 4. Perbandingan nilai Daya (Hp) tiap *camshaft*

RPM	Daya (Horse Power)			Peningkatan Daya (%)	
	<i>Camshaft</i> Standar	<i>Camshaft</i> 1	<i>Camshaft</i> 2	Cam std VS Cam 1	Cam std VS Cam 2
2000	2.63	3.76	4.27	30.1	38.4
4000	7.49	9.4	9.66	20.3	22.5
6000	11.86	14.69	15.15	19.3	21.7
8000	14.62	15.53	16.41	5.9	10.9

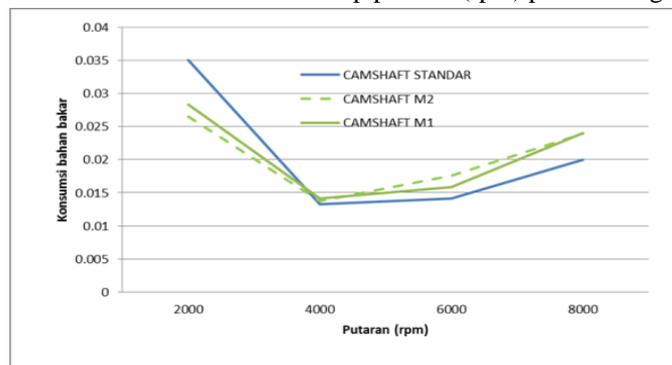
Tabel 5. Perbandingan nilai Torsi (Nm) tiap *camshaft*

RPM	Torsi (Nm)			Peningkatan Torsi (%)	
	<i>Camshaft</i> Standar	<i>Camshaft</i> 1	<i>Camshaft</i> 2	Cam std VS Cam 1	Cam std VS Cam 2
2000	8.8	12.58	14.28	30.0	38.4
4000	12.53	15.72	16.14	20.3	22.4
6000	13.68	16.3	16.81	16.1	18.6
8000	12.2	12.97	13.7	5.9	10.9

Berdasarkan tabel di atas, nilai torsi dan daya terbaik dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 2 yaitu 16,81 Nm dan 15,15HP di rpm 6000.

b. Konsumsi bahan bakar *camshaft* standar, modifikasi 1 dan modifikasi 2

Dari data daya yang diperoleh, dapat dicari nilai konsumsi bahan bakar spesifik setiap rpm. Berikut grafik yang menggambarkan nilai konsumsi bahan bakar setiap putaran (rpm) pada masing-masing *camshaft*.



Gambar 4 Grafik konsumsi bahan bakar

Pada grafik, dapat di lihat perbandingan nilai konsumsi bahan bakar setiap putaran (rpm) pada masing-masing *camshaft*. *Camshaft* 2 memiliki grafik yang lebih stabil dibandingkan *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi 1. Durasi *camshaft* menentukan kapan terjadinya langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Durasi (*timing*) yang pas akan menentukan penggunaan konsumsi bahan bakar dan performa yang dihasilkan lebih maksimal. Jika dilihat dalam grafik, *camshaft* modifikasi 2 memiliki *rate* konsumsi bahan bakar yang lebih stabil dan performa yang dihasilkan lebih besar. Hal ini disebabkan oleh durasi pada *camshaft* modifikasi 2 ada pada sudut yang tepat, sebab jika sudutnya berlebihan yang terjadi adalah udara dan bahan bakar yang masuk berlebihan (*rich*) menyebabkan pembakaran tidak sempurna, dan performa yang dihasilkan menurun.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan memodifikasi *camshaft*, maka performa mesin akan meningkat. Hal itu disebabkan oleh perubahan durasi dan *Lobe Separation Angle* (LSA) pada setiap *camshaft*. Peningkatan torsi pada *camshaft* modifikasi satu dengan *camshaft* standar adalah 16,1% di putaran 6000 dan *camshaft* modifikasi dua dengan *camshaft* standar sebesar 18,6 % di putaran 6000. Sedangkan peningkatan daya *camshaft* modifikasi satu dengan *camshaft* standar adalah 19,3 %, dan *camshaft* modifikasi dua dengan *camshaft* standar sebesar 21,7% pada putaran 6000. Dari hasil persentase torsi dan daya dapat disimpulkan bahwa performa mesin terbaik menggunakan *camshaft* modifikasi dua.
2. Hasil percobaan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan *camshaft* standar, *camshaft* modifikasi 1 dan 2 menunjukkan bahwa hasil modifikasi *camshaft* dapat menurunkan konsumsi bahan bakar di putaran bawah (2000-4000 rpm) dan kenaikan konsumsi bahan bakar di putaran atas (4000-8000 rpm). Hal ini diakibatkan oleh turbulensi, karburasi (pengkabutan) serta pembakaran bahan bakar dan udara lebih sempurna.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan pusat statistik. (2020). Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>.
- [2] Irashi, Zidni.(2018).Uji Performa Generator Listrik Berpenggerak Motor Diesel Satu Silinder Di Laboratorium Fakultas Teknik Untirta.p39.
- [3] Kristanto, Dwi. (2017). Pengaruh perubahan durasi camshaft terhadap performance mesin FD 110 cc.p57
- [4] Anam Choirul, M, dan Muhaji. (2018). Pengaruh Variasi Perubahan Kontur Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Pada Honda Megapro 160D Advanced.p86.
- [5] Stevansa, Adrianto Priyo. (2014).Pengaruh Penggunaan Camshaft Standar dan Camshaft Racing Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah”.p2.
- [6] Alam, Perkasa Teguh. (2014). Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Kapasitas 132cc pada Prototipe Cula Satu Untirta.p30.
- [7] Pudjanarsa, Astu., and Nursuhud, Djati. (2006) *Mesin Konversi Energi*.Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET
- [8] Graham bell, Alexander.(1981). *Performance tuning in theory and practice four stroke. England* :Haynes Publising Group
- [9] Abdillah, Aini dan Supriyanto.(2011).Tinjauan Ketahanan Aus Hasil Modifikasi Noken As Pada Motor Balap.p116.
- [10] Sularso, Ir., and Suga, Kiyokatsu. (2008). *Dasar perancangan dan pemilihan Elemen Mesin*. Bandung : PT Pradnya Paramita. p318.