

Studi Perbandingan Performa Camshaft Standar dan Modifikasi pada Sepeda Motor Empat Langkah 100 cc

Alvin Purnama^{1*}, Donny Fernandez¹, Erzeddin Alwi¹, Ahmad Arif¹, Sutiman²

¹Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

²Prodi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No.1, Karang Gayam, Caturtunggal, Depok, Sleman, DI Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: purnamaalvin1407@gmail.com

(Diajukan: 22 Juli 2024, direvisi: 06 Agustus 2024, disetujui: 14 Agustus 2024, dipublikasikan: 14 Agustus 2024)

Abstrak

Teknologi otomotif berkembang untuk memenuhi kebutuhan mobilitas yang meningkat. *Camshaft* yang mengatur buka tutup katup, merupakan komponen penting dalam mesin sepeda motor dan mempengaruhi performa mesin. Penelitian ini membandingkan performa *camshaft* standar dan modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc melalui metode eksperimen kuantitatif. *Camshaft* modifikasi memiliki durasi buka lebih lama, waktu buka lebih awal, waktu tutup lebih lambat, lift lebih tinggi, LSA lebih besar, dan overlap lebih luas dibandingkan *camshaft* standar, yang secara keseluruhan meningkatkan efisiensi volumetrik dan performa mesin. Pengujian *dynotest* dilakukan pada putaran mesin 2000-5000 rpm untuk mengukur torsi, daya, dan kecepatan maksimum. Hasil menunjukkan *camshaft* modifikasi meningkatkan torsi dari 10.34 Nm menjadi 13.00 Nm, daya dari 2.16 kW menjadi 2.95 kW, dan kecepatan maksimum dari 32.84 km/h menjadi 37.00 km/h pada 2000 rpm. Pada 5000 rpm, daya *camshaft* modifikasi sedikit lebih rendah dibandingkan *camshaft* standar. Modifikasi *camshaft* efektif meningkatkan performa mesin pada putaran rendah hingga menengah, memberikan kontribusi penting bagi industri otomotif dan pengguna sepeda motor.

Kata Kunci: Camshaft, Modifikasi, Dynotest, Performa Mesin.

Abstract

Automotive technology is evolving to meet the increasing needs of mobility. The camshaft, which regulates the opening and closing of the valves, is an important component in motorcycle engines and affects engine performance. This study compares the performance of standard and modified camshafts on four stroke 100 cc motorcycles through quantitative experimental methods. Modified camshafts have longer opening durations, earlier opening times, slower closing times, higher lifts, larger LSAs, and wider overlaps than standard camshafts, which overall improves volumetric efficiency and engine performance. The dynotest test was performed at 2000-5000 rpm engine revolutions to measure maximum torque, power, and speed. The results showed that the modified camshaft increased torque from 10.34 Nm to 13.00 Nm, power from 2.16 kW to 2.95 kW, and maximum speed from 32.84 km/h to 37.00 km/h at 2000 rpm. At 5000 rpm, the power of the modified camshaft is slightly lower than that of the standard camshaft. Camshaft modifications are effective in improving engine performance at low to medium revs, making an important contribution to the automotive industry and motorcycle users.

Keywords: Camshaft, Modification, Dynotest, Engine Performance.

PENDAHULUAN

Teknologi otomotif khususnya sepeda motor, terus mengalami perkembangan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan mobilitas masyarakat [1]. Sepeda motor menjadi salah satu alat transportasi yang sangat penting, terutama di daerah perkotaan dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi [2]. Kemampuan sepeda motor untuk bermanuver di jalan sempit dan padat menjadikannya pilihan utama bagi banyak orang [3]. Dalam industri otomotif, performa mesin merupakan salah satu aspek yang sangat diperhatikan oleh para pengguna sepeda motor [4]. Performa mesin yang optimal tidak hanya memastikan kenyamanan berkendara tetapi juga efisiensi bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang [5]. Sepeda motor empat langkah 100 cc adalah salah satu model sepeda motor yang populer di Indonesia, dikenal karena kehandalan dan efisiensinya dalam memenuhi kebutuhan mobilitas sehari-hari masyarakat [6].

Mesin sepeda motor empat langkah 100 cc, yang menggunakan mesin empat langkah, telah menjadi pilihan banyak pengguna sejak diluncurkan karena performa yang dapat diandalkan serta konsumsi bahan bakar yang efisien [7]. Mesin empat langkah ini beroperasi melalui serangkaian proses yang mencakup langkah hisap, kompresi, pembakaran, dan pembuangan [8]. Seiring berjalannya waktu, performa mesin ini cenderung menurun akibat usia dan keausan komponen-komponen penting di dalamnya, termasuk *camshaft* [9]. *Camshaft* adalah komponen penting yang berfungsi mengatur buka tutup katup dalam mesin, yang secara langsung mempengaruhi torsi dan daya yang dihasilkan oleh mesin [10]. Keausan pada *camshaft* dapat mengakibatkan perubahan profil durasi dan *lift*, yang pada akhirnya mempengaruhi performa mesin secara keseluruhan [11]. Oleh karena itu, modifikasi *camshaft* sering dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan performa mesin, baik untuk keperluan sehari-hari maupun kompetisi.

Motor bakar empat langkah, seperti yang digunakan dalam mesin sepeda motor 100 cc, bekerja dengan prinsip konversi energi termal menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin [12]. *Camshaft* memainkan peran kunci dalam siklus ini dengan mengendalikan waktu dan durasi buka tutup katup [13]. Profil *camshaft* menentukan kapan dan berapa lama katup *intake* dan *exhaust* terbuka, yang mempengaruhi efisiensi volumetrik mesin yaitu jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder serta keluarnya gas buang [14]. Efisiensi volumetrik yang baik akan meningkatkan pembakaran, menghasilkan torsi dan daya yang lebih tinggi [15]. Dengan demikian, modifikasi pada *camshaft*, seperti perubahan profil durasi dan *lift*, bertujuan untuk meningkatkan efisiensi volumetrik dan performa mesin secara keseluruhan [16]. Studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi sejauh mana modifikasi *camshaft* dapat meningkatkan torsi dan daya pada sepeda motor empat langkah 100 cc, memberikan wawasan penting bagi para pengguna dan industri otomotif dalam upaya meningkatkan performa kendaraan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa modifikasi *camshaft*, terutama pada profil durasi dan *lift*, dapat meningkatkan efisiensi volumetrik dan performa mesin. Akibat variasi tinggi *lift* pada *camshaft* dapat meningkatkan daya mesin secara signifikan [17]. Modifikasi pada diameter katup buang dapat meningkatkan performa mesin secara keseluruhan [18].

Dalam penelitian ini, *camshaft* standar dari sepeda motor Supra X 100 cc akan dibandingkan dengan *camshaft* yang telah dimodifikasi untuk meningkatkan durasi dan *lift* katup. Modifikasi ini diharapkan dapat meningkatkan aliran campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder, menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dan meningkatkan torsi serta daya mesin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan performa antara *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan peningkatan torsi dan daya yang signifikan, serta peningkatan efisiensi mesin secara keseluruhan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi industri otomotif dan pengguna sepeda motor dalam meningkatkan performa kendaraan mereka.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis perbandingan performa *camshaft* standar dan modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc [19]. Eksperimen dilakukan dengan melakukan pengujian pada sepeda motor menggunakan *camshaft* standar dan *camshaft* yang telah dimodifikasi, kemudian membandingkan hasil pengujian untuk menentukan efek dari modifikasi *camshaft* terhadap torsi, daya, dan *top speed* [20].

Desain penelitian ini adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif [21]. Eksperimen dilakukan dengan melakukan pengujian pada sepeda motor menggunakan *camshaft* standar dan *camshaft* yang telah dimodifikasi. Hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk menentukan efek dari modifikasi *camshaft* terhadap torsi, daya, dan *top speed*. Agar lebih jelas berikut digambarkan desain penelitian dalam penelitian ini pada Gambar 1.



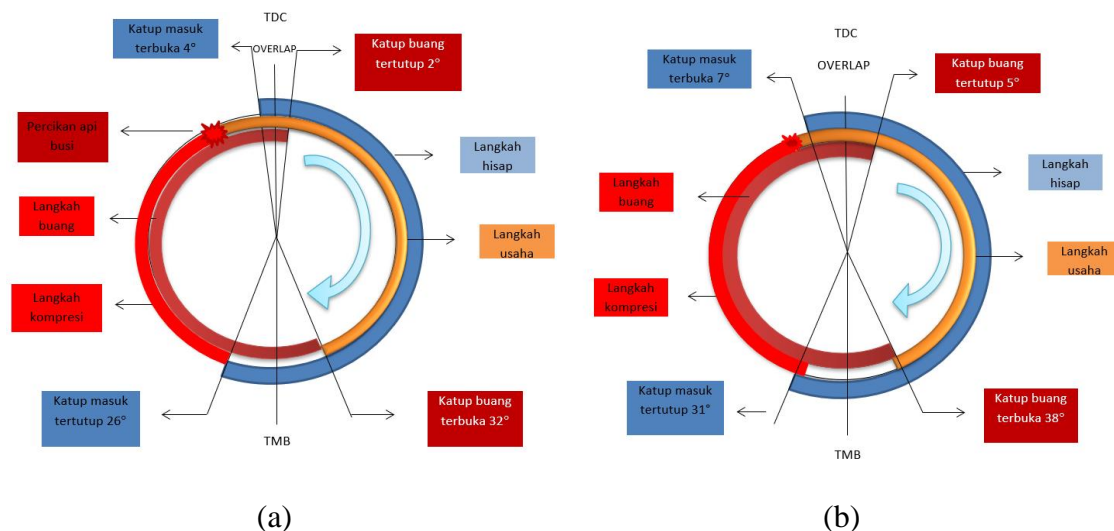
Gambar 1. Desain Penelitian

Prosedur penelitian melibatkan beberapa langkah. Pertama, dilakukan persiapan dengan menyiapkan sepeda motor yang menggunakan *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi serta memastikan semua komponen mesin dalam kondisi baik. *Camshaft* modifikasi memiliki durasi buka lebih lama, waktu buka lebih awal, waktu tutup lebih lambat, lift lebih tinggi, LSA lebih besar, dan overlap lebih luas dibandingkan *camshaft* standar, yang secara keseluruhan meningkatkan efisiensi volumetrik dan performa mesin. Tabel 1 menunjukkan perbandingan profil *camshaft* antara *camshaft* standar dan *camshaft* yang telah dimodifikasi:

Tabel 1. Profil *Camshaft*

Profil <i>Camshaft</i>	Standar		Modifikasi	
	In	Ex	In	Ex
Duration	210°	214°	218°	223°
Open	4°	32°	7°	38°
Close	26°	2°	31°	5°
Lift	5.3°	5.5°	6.32°	6.12°
LSA	103°	103°	104,25°	104,25°
Overlap	6°	6	12°	12°

Dari Tabel 1 dapat melihat beberapa perbedaan utama antara *camshaft* standar dan modifikasi. Durasi dan waktu buka serta tutup yang lebih lama pada *camshaft* modifikasi menunjukkan bahwa katup akan tetap terbuka lebih lama, memungkinkan lebih banyak campuran udara-bahan bakar untuk masuk dan gas buang untuk keluar. *Lift* yang lebih tinggi pada *camshaft* modifikasi juga menunjukkan peningkatan dalam volume campuran udara-bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Selain itu, nilai LSA dan overlap yang berbeda menunjukkan perubahan dalam karakteristik pembakaran dan aliran gas. Berikut adalah diagram katup *camshaft* standar dan modifikasi pada Gambar 2 berdasarkan data yang disajikan:



Gambar 2. Profil *Camshaft* a). Standar, b). Modifikasi

Kemudian, dilakukan pengujian sepeda motor dengan *camshaft* standar menggunakan dynotest untuk mengukur torsi, daya, dan *top speed* pada berbagai putaran mesin (2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm, 3500 rpm, 4000 rpm, 4500 rpm, dan 5000 rpm) [22]. Setiap pengujian dilakukan tiga kali untuk mendapatkan data yang akurat. Selanjutnya, *camshaft* standar diganti dengan *camshaft* modifikasi, dan pengujian diulangi dengan metode yang sama. Hasil pengujian torsi, daya, dan *top speed* dari kedua jenis *camshaft* dicatat dan dianalisis untuk menentukan efektivitas modifikasi *camshaft*.

Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis secara deskriptif dan statistik [23]. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik, sementara analisis statistik dilakukan untuk menentukan signifikansi perbedaan antara *camshaft* standar dan modifikasi menggunakan perhitungan mean dan persentase peningkatan [24]. Hasil analisis data ini akan digunakan untuk menarik kesimpulan tentang efektivitas modifikasi *camshaft* dalam meningkatkan performa mesin sepeda motor empat langkah 100 cc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi dampak modifikasi *camshaft* pada performa mesin sepeda motor empat langkah 100 cc, dilakukan serangkaian pengujian pada berbagai putaran mesin. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan performa antara *camshaft* standar dan *camshaft* yang telah dimodifikasi, dengan fokus pada torsi, daya, dan kecepatan maksimum yang dihasilkan. Data hasil pengujian dirangkum dalam tabel dan grafik

berikut, yang menunjukkan perbedaan performa antara kedua jenis *camshaft* tersebut pada putaran mesin yang berbeda.

Hasil Penelitian

Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang perbedaan performa antara *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc, dilakukan pengujian pada berbagai putaran mesin. Pengujian ini mencakup pengukuran torsi, daya, dan kecepatan maksimum yang dihasilkan oleh kedua jenis *camshaft*. Tabel 2 merangkum hasil perbandingan antara *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi pada berbagai putaran mesin (rpm), yang menunjukkan peningkatan performa mesin setelah modifikasi *camshaft*.

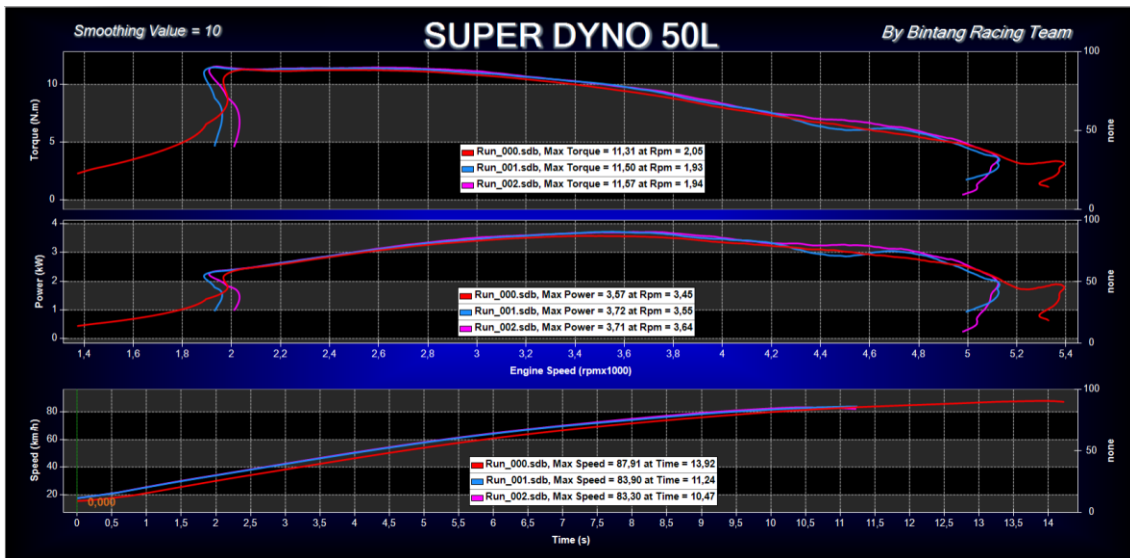
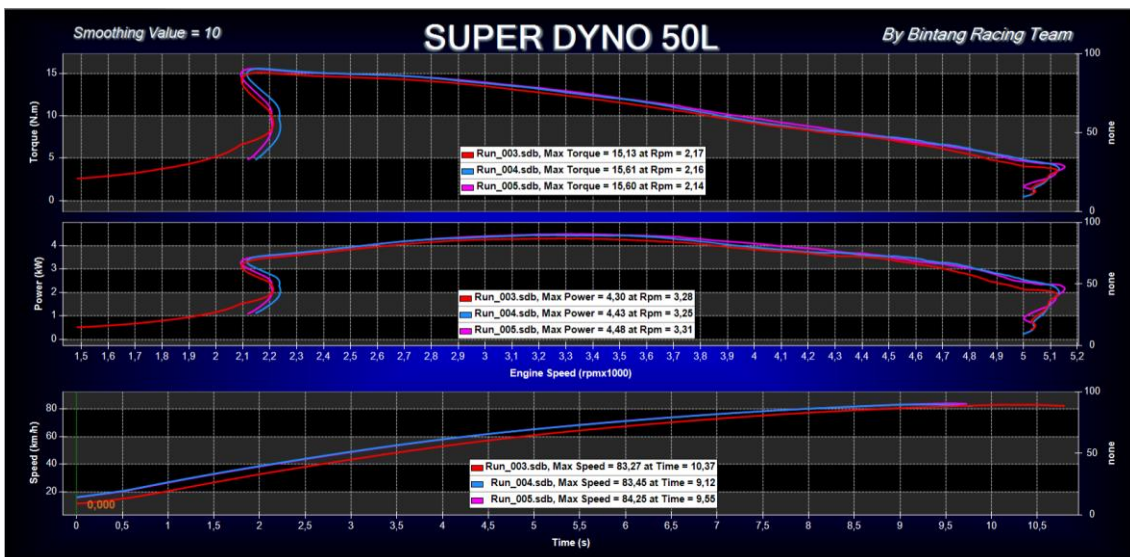
Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengujian

rpm	Torsi (Nm)		Daya (kW)		Top Speed (km/h)	
	Standar	Modifikasi	Standar	Modifikasi	Standar	Modifikasi
2000	10.34	13.00	2.16	2.95	32.84	37.00
2500	11.38	15.00	2.98	3.89	32.84	42.00
3000	11.00	14.00	3.46	4.33	41.10	47.00
3500	9.97	12.00	3.66	4.37	45.19	52.00
4000	8.20	9.41	3.44	3.94	49.18	56.00
4500	6.46	7.38	3.05	3.48	53.01	60.00
5000	4.69	4.47	2.46	2.35	60.10	64.00

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc memberikan peningkatan signifikan pada torsi, daya, dan kecepatan maksimum dibandingkan dengan *camshaft* standar. Data pengujian torsi, daya, dan kecepatan maksimum dicatat pada berbagai putaran mesin (rpm) untuk memberikan gambaran lengkap tentang performa mesin dengan kedua jenis *camshaft*.

Untuk memvisualisasikan perbedaan performa antara *camshaft* standar dan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc, hasil pengujian torsi, daya, dan kecepatan maksimum disajikan dalam bentuk grafik. Grafik-grafik berikut menunjukkan perbandingan performa mesin pada berbagai putaran mesin (rpm), memberikan ilustrasi yang lebih jelas tentang bagaimana modifikasi *camshaft* mempengaruhi efisiensi dan output mesin. Data yang ditampilkan mencakup peningkatan signifikan pada torsi, daya, dan kecepatan maksimum setelah modifikasi *camshaft*, terutama pada putaran mesin rendah hingga menengah.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai perbandingan hasil pengujian antara *camshaft* standar pada Gambar 3 dan *camshaft* modifikasi pada Gambar 4. Grafik akan menunjukkan perbandingan performa berupa torsi, daya, dan *top speed*.

Gambar 3. Grafik Hasil Uji Performa *Camshaft* StandarGambar 4. Grafik Hasil Uji Performa *Camshaft* Modifikasi

Pada putaran mesin 2000 rpm, *camshaft* modifikasi menghasilkan torsi sebesar 13.00 Nm, meningkat dibandingkan dengan torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* standar sebesar 10.34 Nm. Daya mesin juga meningkat dari 2.16 kW dengan *camshaft* standar menjadi 2.95 kW dengan *camshaft* modifikasi. Kecepatan maksimum yang dicapai pada putaran ini meningkat dari 32.84 km/h menjadi 37.00 km/h. Pada putaran mesin 2500 rpm, torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi adalah 15.00 Nm, lebih tinggi dibandingkan dengan torsi *camshaft* standar sebesar 11.38 Nm. Daya yang dihasilkan meningkat dari 2.98 kW menjadi 3.89 kW, dan kecepatan maksimum meningkat dari 32.84 km/h menjadi 42.00 km/h.

Pada putaran mesin 3000 rpm, torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi adalah 14.00 Nm, dibandingkan dengan 11.00 Nm oleh *camshaft* standar. Daya yang dihasilkan meningkat dari 3.46 kW menjadi 4.33 kW, dan kecepatan maksimum meningkat dari 41.10 km/h menjadi 47.00 km/h. Pada putaran mesin 3500 rpm, *camshaft* modifikasi menghasilkan torsi sebesar 12.00 Nm, lebih tinggi dari torsi *camshaft* standar sebesar 9.97

Nm. Daya meningkat dari 3.66 kW menjadi 4.37 kW, dan kecepatan maksimum meningkat dari 45.19 km/h menjadi 52.00 km/h.

Pada putaran mesin 4000 rpm, torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi adalah 9.41 Nm, dibandingkan dengan 8.20 Nm oleh *camshaft* standar. Daya meningkat dari 3.44 kW menjadi 3.94 kW, dan kecepatan maksimum meningkat dari 49.18 km/h menjadi 56.00 km/h. Pada putaran mesin 4500 rpm, torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi adalah 7.38 Nm, dibandingkan dengan 6.46 Nm oleh *camshaft* standar. Daya meningkat dari 3.05 kW menjadi 3.48 kW, dan kecepatan maksimum meningkat dari 53.01 km/h menjadi 60.00 km/h. Pada putaran mesin 5000 rpm, meskipun torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi tetap tinggi yaitu 4.47 Nm, daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan *camshaft* standar, yaitu 2.35 kW berbanding 2.46 kW. Kecepatan maksimum masih menunjukkan peningkatan dari 60.10 km/h menjadi 64.00 km/h.

Dari data di atas, dapat disimpulkan bahwa *camshaft* modifikasi memberikan peningkatan performa yang signifikan pada putaran mesin rendah hingga menengah, yang sangat relevan untuk penggunaan sehari-hari. Peningkatan ini mencakup torsi yang lebih tinggi, daya yang lebih besar, dan kecepatan maksimum yang lebih tinggi dibandingkan dengan *camshaft* standar, meskipun pada putaran mesin tertinggi terdapat sedikit penurunan daya. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi *camshaft* merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan performa mesin sepeda motor empat langkah 100 cc.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc memberikan peningkatan signifikan pada torsi, daya, dan *top speed* dibandingkan dengan *camshaft* standar. Pada putaran mesin rendah hingga menengah (2000 rpm hingga 4500 rpm), *camshaft* modifikasi secara konsisten menghasilkan torsi dan daya yang lebih tinggi. *Top speed* juga mengalami peningkatan pada setiap putaran mesin yang diuji. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa variasi tinggi *lift* pada *camshaft* dapat meningkatkan daya mesin secara signifikan [17]. Modifikasi *camshaft* dapat mengoptimalkan aliran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi pembakaran dan output mesin.

Selain itu, penelitian lain juga mendukung hasil ini di mana modifikasi pada diameter katup buang berhasil meningkatkan performa mesin secara keseluruhan [18]. Meskipun fokus penelitian Bachtiar pada katup buang, prinsip dasar yang sama berlaku, yaitu peningkatan efisiensi volumetrik melalui modifikasi komponen mesin yang mengatur aliran gas. Dalam penelitian ini, *camshaft* modifikasi meningkatkan durasi dan *lift* katup, memungkinkan aliran campuran udara dan bahan bakar yang lebih baik dan keluarnya gas buang yang lebih efisien. Hal ini mengakibatkan peningkatan torsi dan daya pada putaran mesin yang lebih luas.

Pada putaran mesin tertinggi (5000 rpm), meskipun torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi tetap lebih tinggi, daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibandingkan *camshaft* standar. Penurunan daya pada putaran tinggi ini mungkin disebabkan oleh over-advanced timing yang mengakibatkan pembakaran yang kurang optimal pada rpm tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa *camshaft* modifikasi lebih efektif

untuk meningkatkan performa pada putaran mesin rendah hingga menengah, yang lebih relevan untuk penggunaan sehari-hari. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menyatakan bahwa modifikasi *camshaft* memberikan keuntungan signifikan dalam hal performa mesin tanpa perlu melakukan perubahan besar pada komponen lain, terutama pada rpm rendah hingga menengah [25].

Penelitian ini juga memberikan wawasan penting bagi industri otomotif dan para pengguna sepeda motor. Modifikasi *camshaft* dapat menjadi solusi yang efisien dan efektif untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor dengan biaya dan usaha yang relatif rendah. Pengguna harus mempertimbangkan karakteristik berkendara mereka, mengingat *camshaft* modifikasi lebih bermanfaat pada kondisi berkendara sehari-hari dengan rpm rendah hingga menengah. Perawatan berkala dan konsultasi dengan mekanik berpengalaman juga sangat disarankan untuk memastikan modifikasi ini tidak merusak komponen mesin lainnya dan tetap sesuai dengan regulasi lalu lintas yang berlaku.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan dari studi sebelumnya dan memberikan bukti tambahan bahwa modifikasi *camshaft* adalah strategi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan performa mesin sepeda motor. Dengan demikian, bagi pengguna yang mencari peningkatan performa pada sepeda motor mereka, *camshaft* modifikasi merupakan opsi yang layak dipertimbangkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *camshaft* modifikasi pada sepeda motor empat langkah 100 cc secara signifikan meningkatkan torsi dan daya mesin, terutama pada putaran mesin rendah hingga menengah (2000 rpm hingga 4500 rpm). Selain itu, *camshaft* modifikasi juga meningkatkan *top speed* pada berbagai putaran mesin. Pada putaran mesin tertinggi (5000 rpm), meskipun torsi tetap lebih tinggi, daya yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan *camshaft* standar. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi *camshaft* lebih optimal untuk penggunaan sehari-hari pada putaran mesin rendah hingga menengah. Secara keseluruhan, modifikasi *camshaft* terbukti sebagai solusi yang efisien dan efektif untuk meningkatkan performa mesin dengan biaya dan usaha yang relatif rendah.

Bagi pengguna sepeda motor empat langkah 100 cc yang menginginkan peningkatan performa terkhusus pada peningkatan torsi, disarankan untuk menggunakan *camshaft* modifikasi. Hal ini dikarenakan pada modifikasi ini berguna pada putaran mesin rendah hingga menengah yang membutuhkan torsi yang tinggi. Penting untuk melakukan perawatan berkala dan penyetelan yang tepat untuk menjaga performa optimal dan mencegah kerusakan pada komponen mesin lainnya. Selain itu, konsultasi dengan mekanik berpengalaman sangat dianjurkan sebelum melakukan modifikasi untuk memastikan hasil yang maksimal dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.

REFERENSI

- [1] D. Hermansyah, A. Afdal, Z. Zulkarnain, dan R. D. Koto, "Study on the Impact of CDI Limiter and CDI Unlimiter Usage on Motorcycle Fuel Consumption and Exhaust Gas Emissions," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Mar 2024, doi: 10.46574/motivection.v6i1.316.

- [2] D. Fernandez, A. Rifani, W. S, dan T. Sugiarto, “Analisis Penggunaan Bioaditif Minyak Atsiri Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Peralite Sepeda Motor 4 Langkah,” *Ensiklopedia J.*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Nov 2022, doi: 10.33559/eoj.v5i1.907.
- [3] A. Arif, M. Muslim, W. Wagino, N. Hidayat, dan M. Y. Setiawan, “Keterampilan Tuna Karya Bidang Perawatan dan Servis Sepeda Motor,” 2020.
- [4] P. Abhilash dan R. Nanda kumar, “Performance analysis of two stroke petrol engine on basis of variation in carburetor main jet diameter,” *Mater. Today Proc.*, vol. 39, hlm. 165–175, Jan 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.481.
- [5] W. Wagino *dkk.*, “Eco-Friendly Motorcycle Technology: Examining the Impact of Banana Peel-Based Catalytic Converters on CO Emissions with Biogasoline Fuel,” *E3S Web Conf.*, vol. 500, hlm. 03030, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450003030.
- [6] B. Prasetyo, A. R. Abdusukri, I. Azzindani, F. Setyawan, dan T. J. Saputra, “Pengaruh Penggunaan Knalpot Standar Dan Variasi Model Freeflow Terhadap Performa Mesin Dan Tingkat Kebisingan Pada Honda Supra X 125r,” *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, hlm. 100–111, Jun 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.2040.
- [7] Y. R. Widjaja dan W. Wildan, “Pengaruh Inovasi Produk, Promosi, dan Kualitas Pelayanan Terhadap Keputusan Pembelian Sepeda Motor,” *J. Sains Manaj.*, vol. 5, no. 1, hlm. 1–13, Feb 2023, doi: 10.51977/jsm.v5i1.1007.
- [8] D. Sugiono, A. Lostari, N. I. Riani, dan A. Kusdyanto, “Studi Eksperimental Pengaruh Variasi CDI Terhadap Performa Kendaraan Empat Langkah,” *Infotekmesin*, vol. 14, no. 1, Art. no. 1, Jan 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1656.
- [9] N. Hidayat, A. Arif, M. Y. Setiawan, dan M. Masykur, “Perbedaan Penggunaan Camshaft Racing Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik dan Emisi Gas Buang Pada Motor 4 Tak,” *J. Mekanova Mek. Inov. Dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, Art. no. 2, Okt 2022, doi: 10.35308/jmkn.v8i2.5244.
- [10] Z. Muhammad, “Design Mesin Modifikasi Noken As (Camshaft) Skala Laboratorium,” *Penelit. MANDIRI Univ. BANDAR LAMPUNG*, 2018.
- [11] P. A. Stevansa, S. Subroto, dan S. Putro, “Pengaruh Penggunaan Camshaft Standard dan Camshaft Racing Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah,” s1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014. Diakses: 25 September 2023. [Daring]. Tersedia pada: <https://eprints.ums.ac.id/31208/>
- [12] E. Wahidri, E. Alwi, dan R. Lapisa, “Effect of Heating Fuel through the Upper Tank Radiator with Copper Pipes Against Torque and Power,” *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2, Mei 2019, doi: 10.46574/motivecton.v1i2.4.
- [13] R. Lapisa, R. Rahman, I. Y. Basri, dan W. Afnison, “Pengaruh Diameter Variasi Throttle Body Terhadap Daya, Torsi Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Beat Pgm-Fi 110 cc Tahun 2014,” *Ensiklopedia Educ. Rev.*, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, Des 2022, doi: 10.33559/eer.v4i3.1544.
- [14] R. Rifdarmon, P. N. Zofa, E. Alwi, dan D. Fernandez, “Torsi Dan Daya Sepeda Motor Matic 4 Tak Hasil Kemiringan Sudut Drive Pulley,” *Ensiklopedia Educ. Rev.*, vol. 4, no. 3, Art. no. 3, Des 2022, doi: 10.33559/eer.v4i3.1543.
- [15] A. Asroful, A. N. Defa, dan B. M. Hairul, “Pengaruh Bentuk Permukaan Piston Rata (Flat) Dan Piston Cembung (Dome) Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Pada Mesin Sport 200cc,” *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 1, hlm. 76–90, Jan 2024, doi: 10.47134/jme.v1i1.2193.

- [16] Y. Hamsari, A. Aprizal, dan A. Fathonio, “Pembuatan Dan Uji Performa Rangkaian Sistem Pengapian AC dan DC Pada Kendaraan Bermotor Skala Laboratorium,” *ENOTEK J. Energi Dan Inov. Teknol.*, vol. 3, no. 01, Art. no. 01, Okt 2023, doi: 10.30606/enotek.v3i01.2089.
- [17] A. T. S. Pambudi, “Optimasi Camshaft dengan Variasi Tinggi Lift Pada Mesin (X) 100cc Menggunakan Mesin Modifikasi Camshaft,” skripsi, Institut Teknologi Nasional Malang, 2019. Diakses: 26 September 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.itn.ac.id/2103/>
- [18] M. Bachtiar, “Analisa Variasi Diameter Katup Buang Terhadap Performa Sepeda Motor Suzuki Smash 110 Cc Dengan Bahan Bakar Peralite Dan Pertamina Turbo,” PhD Thesis, 2018.
- [19] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [20] I. Almanda dan A. Andrizar, “Pengaruh Penggunaan Variasi Busi dan Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Matic 110 CC Terhadap Torsi dan Daya,” *AEEJ J. Automot. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 2, no. 2, hlm. 113–122, Des 2021, doi: 10.24036/aej.v2i2.67.
- [21] L. P. Sinambela, *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2018, hlm. 284.
- [22] O. A. Kurniawan, A. Arif, D. Fernandez, M. Y. Setiawan, dan H. N. Sari, “Analisis Penggunaan Hydrocarbon Crack System (HCS) Terhadap Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Fuel Injection,” *JTPVI J. Teknol. Dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 1, no. 4, Art. no. 4, Okt 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i4.126.
- [23] L. M. Nasution, “Statistik Deskriptif,” *Hikmah*, vol. 14, no. 1, Art. no. 1, 2017.
- [24] A. Sholikhah, “Statistik Deskriptif dalam Penelitian Kualitatif,” *KOMUNIKA J. Dakwah Dan Komun.*, vol. 10, no. 2, hlm. 342–362, 2016, doi: 10.24090/komunika.v10i2.953.
- [25] H. Halim, R. Bachmid, dan S. P. Yudha, “Pengaruh Durasi Camshaft Terhadap Prestasi Mesin Bensin 110 cc,” *Otopro*, hlm. 1–7, Nov 2021, doi: 10.26740/otopro.v17n1.p1-7.