



Analisis Pengaruh Perubahan *Lift Camshaft* terhadap Daya dan Torsi pada Motor 4 Langkah 200cc

Andhika Novan Ramadhani^{1*}, Bambang Irawan², Septyana Riskytasari³, Nurhadi⁴

¹⁻⁴Politeknik Negeri Malang, Indonesia

E-mail: andhikanovan28@gmail.com¹, bambang.irawan@polinema.ac.id², septyana_riskitasari@polinema.ac.id³, nurhadi@polinema.ac.id⁴

Korespondensi penulis: andhikanovan28@gmail.com *

Abstract. *Camshaft lift is an important parameter that determines the height of the valve lift, calculated from the valve position when it is completely closed to the fully open position. This component plays a crucial role in regulating the flow of the air and fuel mixture into the combustion chamber. This study aims to improve the performance of a 200cc 4-stroke motorcycle engine through camshaft lift modification, which is expected to affect the characteristics of engine torque and power. Modifications were carried out by designing two types of modified camshafts, namely series A and series B, as a comparison to the standard camshaft. The research method used is experimental testing using a dynamometer to measure engine torque and power at various speeds, ranging from 4,000 to 10,000 RPM. The data obtained were analyzed to determine the effect of each type of camshaft on engine performance. The test results show that the B series camshaft provides the most significant performance improvement compared to the standard and A series camshafts. At 7,500 RPM, the standard camshaft produces an average torque of 19.2 Nm, the A series camshaft 19.6 Nm, while the B series camshaft reaches 21.2 Nm. Meanwhile, at 10,000 RPM, the average power of the standard camshaft is recorded at 22.2 HP, the A series camshaft 24.1 HP, and the B series camshaft reaches 26.3 HP. This increase indicates that the camshaft lift modification is able to optimize the duration and height of the valve opening, so that the supply of the fuel and air mixture to the combustion chamber becomes more efficient. Thus, camshaft modification, especially the B series, is an effective and applicable solution in increasing the performance output of a 200cc motorcycle engine without having to make major changes to the overall engine structure.*

Keywords: 4-stroke motorcycle, engine modification, lift camshaft, power, torque.

Abstrak. *Lift camshaft merupakan parameter penting yang menentukan tinggi angkatan katup, dihitung dari posisi katup saat menutup sempurna hingga posisi membuka penuh. Komponen ini berperan krusial dalam pengaturan aliran campuran udara dan bahan bakar ke ruang bakar. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor 4 langkah berkapasitas 200cc melalui modifikasi lift camshaft, yang diharapkan dapat memengaruhi karakteristik torsi dan daya mesin. Modifikasi dilakukan dengan merancang dua jenis camshaft modifikasi, yaitu seri A dan seri B, sebagai pembanding terhadap camshaft standar. Metode penelitian yang digunakan adalah pengujian eksperimental menggunakan dynamometer untuk mengukur torsi dan daya mesin pada berbagai putaran, mulai dari 4.000 hingga 10.000 RPM. Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan pengaruh masing-masing jenis camshaft terhadap performa mesin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa camshaft seri B memberikan peningkatan performa paling signifikan dibandingkan dengan camshaft standar dan seri A. Pada putaran 7.500 RPM, camshaft standar menghasilkan torsi rata-rata 19,2 Nm, camshaft seri A sebesar 19,6 Nm, sedangkan camshaft seri B mencapai 21,2 Nm. Sementara itu, pada putaran 10.000 RPM, daya rata-rata camshaft standar tercatat 22,2 HP, camshaft seri A sebesar 24,1 HP, dan camshaft seri B mencapai 26,3 HP. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa modifikasi lift camshaft mampu mengoptimalkan durasi dan tinggi bukaan katup, sehingga pasokan campuran bahan bakar dan udara ke ruang bakar menjadi lebih efisien. Dengan demikian, modifikasi camshaft, khususnya seri B, menjadi solusi efektif dan aplikatif dalam meningkatkan output performa mesin sepeda motor 200cc tanpa harus melakukan perubahan besar pada struktur mesin secara keseluruhan.*

Kata Kunci: motor 4 langkah, modifikasi mesin, lift camshaft, daya, torsi.

1. PENDAHULUAN

Perubahan *lift camshaft* merupakan salah satu modifikasi yang sering dilakukan untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor, khususnya pada mesin 4 langkah berkapasitas 200cc. *Lift camshaft* yang lebih tinggi dapat meningkatkan durasi bukaan katup, sehingga memungkinkan lebih banyak campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar. Hal ini berpotensi meningkatkan daya dan torsi mesin. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi tinggi *lift camshaft* dapat berpengaruh signifikan terhadap performa mesin, termasuk daya maksimum yang dihasilkan dan torsi pada berbagai putaran mesin. Sumber yang relevan untuk topik ini dapat ditemukan dalam jurnal yang membahas pengaruh tinggi bukaan katup terhadap torsi dan daya pada motor bensin 4 langkah berkapasitas 200cc (P. Dadang Andi Saputra, 2024).

Perubahan *lift camshaft* juga dapat mempengaruhi karakteristik pengapian dan pembakaran dalam mesin. Dengan meningkatkan *lift*, waktu bukaan katup menjadi lebih lama, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Hal ini berpotensi mengurangi emisi gas buang dan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa modifikasi pada *lift camshaft* dapat menghasilkan emisi yang lebih rendah dan performa yang lebih baik (I. N. D. K. D. D. W. Wahyu Nur Achmadin, 2021).

Selain itu, pengaruh *lift camshaft* terhadap torsi juga menjadi fokus penting dalam analisis performa mesin. Torsi yang lebih tinggi pada putaran rendah dapat meningkatkan akselerasi dan respons mesin, yang sangat diinginkan dalam penggunaan sehari-hari. Penelitian menunjukkan bahwa dengan modifikasi *lift camshaft*, torsi dapat meningkat secara signifikan pada rentang putaran tertentu, memberikan keuntungan dalam performa kendaraan (P. Dadang Andi Saputra, 2024).

Dalam konteks modifikasi mesin, penting untuk mempertimbangkan keseimbangan antara daya dan torsi yang dihasilkan. Meskipun peningkatan *lift camshaft* dapat meningkatkan daya, hal ini juga dapat mempengaruhi torsi pada putaran mesin yang berbeda. Oleh karena itu, analisis yang mendalam diperlukan untuk memahami bagaimana perubahan ini dapat dioptimalkan untuk mencapai performa terbaik (P. Dadang Andi Saputra, 2024).

Akhirnya, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang dari modifikasi *lift camshaft* terhadap keandalan dan umur mesin. Meskipun peningkatan performa dapat dicapai, penting untuk memastikan bahwa modifikasi tersebut tidak mengorbankan keandalan mesin dalam jangka panjang. Penelitian yang ada menunjukkan bahwa modifikasi yang tepat dapat memberikan hasil yang positif tanpa mengurangi umur mesin (I. N. D. K. D. D. W. Wahyu Nur Achmadin, 2021).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mesin 4 Langkah 200cc

Mesin 4 langkah merupakan tipe mesin pembakaran dalam yang bekerja melalui empat siklus utama, yaitu langkah hisap, kompresi, pembakaran, dan buang. Pada langkah hisap, campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar melalui katup *intake* yang terbuka. Selanjutnya, pada langkah kompresi, piston bergerak naik untuk memampatkan campuran tersebut sehingga siap untuk dibakar. Pada langkah pembakaran, busi memercikkan api yang menyebabkan pembakaran campuran udara dan bahan bakar, menghasilkan energi yang mendorong piston ke bawah. Terakhir, pada langkah buang, gas hasil pembakaran dikeluarkan melalui katup *exhaust* yang terbuka, sehingga ruang bakar siap untuk siklus berikutnya.

Camshaft dan Peranannya dalam Mesin

Camshaft adalah komponen dalam mesin pembakaran dalam yang berfungsi mengatur waktu buka dan tutup katup masuk (*intake*) serta katup buang (*exhaust*). *Camshaft* bekerja dengan memutar nok (cam) yang menekan *rocker arm* atau langsung mendorong katup sesuai dengan durasi dan *lift* yang telah dirancang. Perubahan pada profil *camshaft*, seperti peningkatan *lift* atau durasi, dapat mempengaruhi jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar, sehingga berdampak pada performa mesin, termasuk daya dan torsi.

Torsi dan Daya Mesin

Torsi dan daya mesin adalah dua aspek penting dalam performa mesin pembakaran dalam. Torsi merupakan gaya putar yang bekerja pada poros engkol dan menentukan akselerasi kendaraan, diukur dalam Newton meter (Nm). Semakin besar torsi, semakin kuat tenaga dorong yang dihasilkan mesin, terutama pada putaran rendah. Daya mesin, diukur dalam horsepower (HP) atau watt (W), menunjukkan seberapa cepat energi dihasilkan untuk menggerakkan kendaraan. Hubungan antara torsi dan daya dipengaruhi oleh kecepatan putar mesin (RPM), di mana torsi lebih berperan dalam akselerasi, sedangkan daya menentukan kecepatan maksimal yang dapat dicapai kendaraan.

Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang

Efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang menjadi perhatian penting dalam pengembangan mesin modern. Menurut Lee et al. (2017), *lift camshaft* yang terlalu panjang dapat meningkatkan emisi hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) akibat pembakaran tidak sempurna, terutama pada RPM rendah. Oleh karena itu, modifikasi *camshaft* perlu

mempertimbangkan keseimbangan antara performa dan dampak lingkungan (J. , K. S. , & P. H. Lee, 2017).

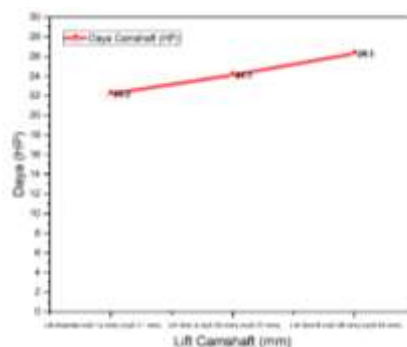
Simulasi dan Eksperimen dalam Penelitian Mesin

Metode simulasi, seperti Computational Fluid Dynamics (CFD) dan simulasi kinematika, banyak digunakan dalam penelitian terkait *camshaft*. Penelitian Hidayat et al. (2021) menggunakan simulasi CFD untuk menganalisis aliran udara dan gas buang pada berbagai *lift camshaft*, yang membantu memprediksi dampak perubahan desain tanpa melakukan uji fisik yang kompleks (R. , S. D. , & N. A. Hidayat, 2021). Eksperimen fisik, seperti pengujian dyno, digunakan untuk mengukur performa nyata mesin. Kombinasi antara simulasi dan eksperimen memberikan hasil yang lebih komprehensif.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sepeda motor Kawasaki KLX 200cc dengan penggantian *camshaft* yang memiliki spesifikasi *lift* berbeda untuk menganalisis pengaruhnya terhadap mekanisme katup, percampuran bahan bakar, serta output torsi dan daya pada mesin 4 langkah 200cc dengan bahan bakar Pertamina 92 (Arief, & H. Kurniawan, 2021). Variabel bebas yang diteliti adalah *lift camshaft* dan putaran mesin (RPM), sedangkan variabel terikatnya meliputi torsi dan daya, dengan variabel kendali berupa jenis mesin dan bahan bakar [16]. Pelaksanaan penelitian bertempat di kampus POLINEMA, Jl. Soekarno hatta no.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141 dan waktu penelitian bulan Februari – April 2025.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

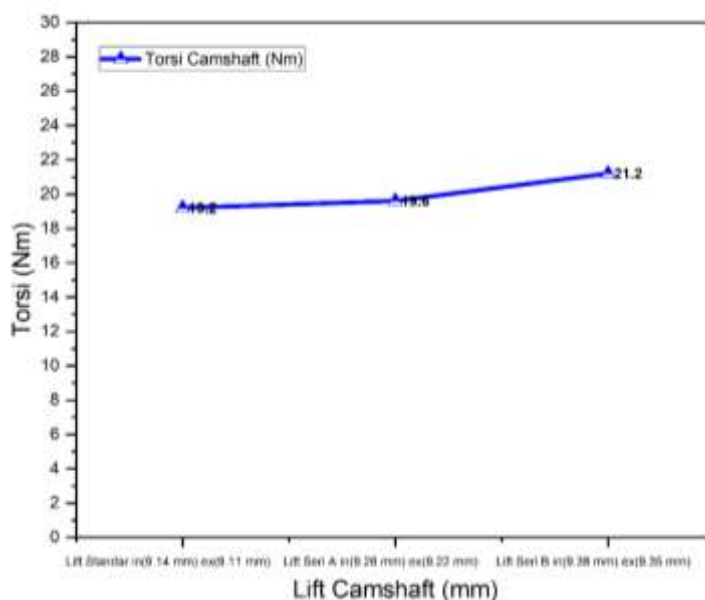


Gambar 1. Grafik Lift camshaft terhadap Daya

Grafik pada gambar 1 ini menunjukkan hubungan antara *lift camshaft* (yang diukur dalam milimeter) dan daya (HP) yang dihasilkan oleh camshaft pada motor. Terlihat bahwa daya camshaft meningkat secara konsisten seiring dengan kenaikan *lift camshaft*, mulai dari 22,2 HP pada lift standar sekitar 9,14 mm hingga mencapai 26,3 HP pada lift Seri B sebesar

9,38 mm. Tren naik ini menggambarkan bahwa peningkatan *lift camshaft* secara langsung berpengaruh positif terhadap peningkatan daya mesin, yang bisa diartikan bahwa modifikasi camshaft yang meningkatkan lift memberikan output tenaga yang lebih tinggi.

Selain itu, grafik ini menegaskan adanya hubungan linier antara *lift camshaft* dan daya yang dihasilkan, yang berarti setiap kenaikan kecil pada lift katup berkontribusi pada peningkatan performa daya mesin dengan proporsi yang relatif stabil. Hal ini penting sebagai acuan dalam pengembangan dan tuning mesin, karena peningkatan *lift camshaft* dapat dimanfaatkan sebagai strategi dalam meningkatkan kapasitas daya mesin secara efektif tanpa menimbulkan perubahan performa yang tidak terduga. Grafik ini juga menegaskan bahwa *lift camshaft* merupakan parameter kunci yang dapat dioptimalkan untuk performa mesin yang lebih baik.

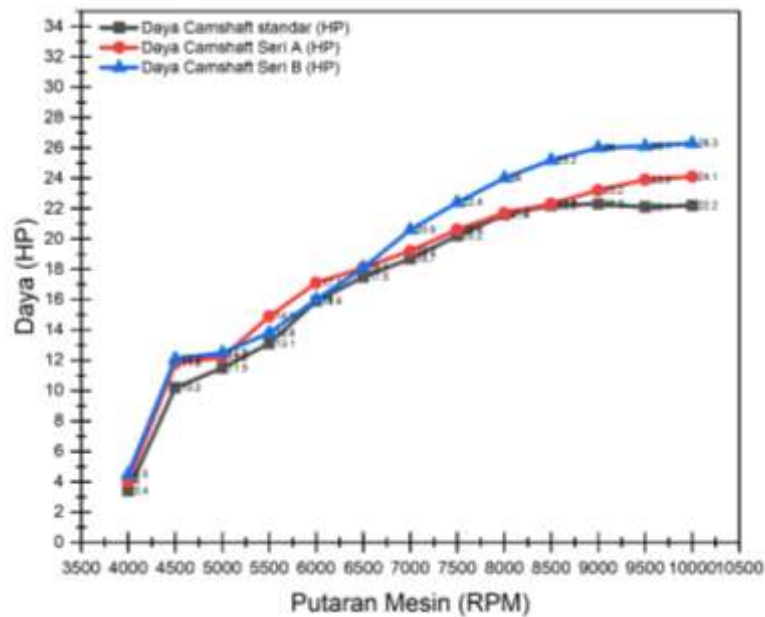


Gambar 2. Grafik *Lift camshaft* terhadap Torsi

Grafik pada gambar 2 ini menunjukkan hubungan antara *lift camshaft* yang diukur dalam milimeter dan torsi (Nm) yang dihasilkan oleh camshaft pada mesin. Terlihat bahwa torsi camshaft mengalami peningkatan yang bertahap dari 19,2 Nm pada *lift camshaft* standar 9,14 mm menjadi 21,2 Nm pada lift Seri B 9,38 mm. Peningkatan torsi ini menunjukkan bahwa semakin besar *lift camshaft*, semakin besar pula momen puntir yang dapat dihasilkan mesin, meskipun peningkatannya tidak terlalu drastis dibandingkan dengan peningkatan daya.

Selain itu, grafik ini mengindikasikan bahwa perubahan *lift camshaft* berkontribusi positif terhadap peningkatan torsi mesin, yang memberikan kestabilan dan kemampuan putar yang lebih baik. Hal ini penting bagi performa mesin karena torsi berkaitan erat dengan kemampuan akselerasi dan daya dorong pada rentang putaran rendah hingga sedang. Dengan

demikian, modifikasi pada *lift camshaft* tidak hanya berpengaruh pada daya maksimum, tetapi juga meningkatkan torsi sehingga mesin dapat bekerja lebih efisien dan responsif dalam kondisi operasional sehari-hari.

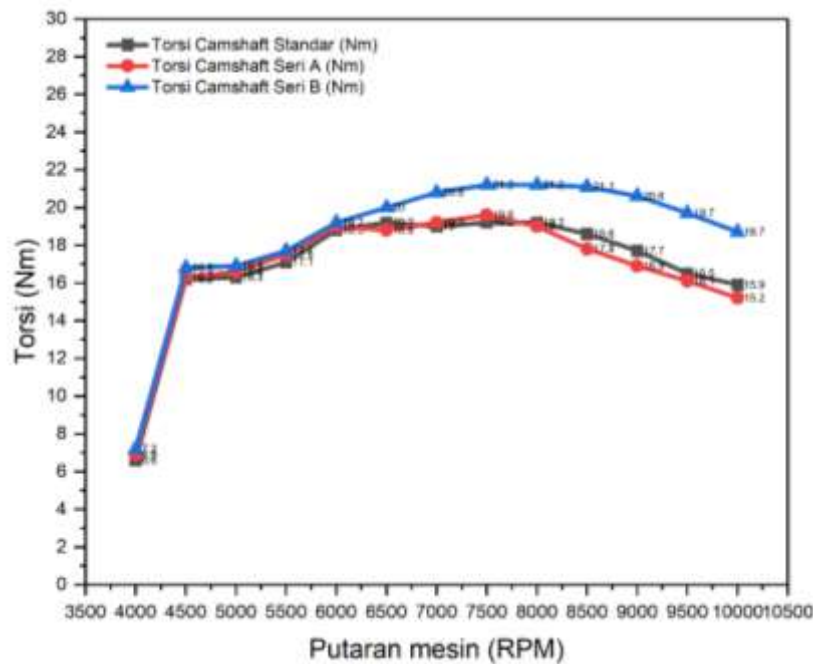


Gambar 3. Grafik RPM terhadap Daya

Grafik pada gambar 3 ini memperlihatkan perbandingan daya (HP) dari tiga jenis camshaft yang berbeda, yaitu camshaft standar, Seri A, dan Seri B, terhadap variasi putaran mesin (RPM). Terlihat bahwa ketiga jenis camshaft menunjukkan tren peningkatan daya seiring dengan kenaikan RPM, namun dengan perbedaan signifikan dalam besarnya daya yang dihasilkan. Camshaft Seri B tampil paling superior, memberikan daya tertinggi di setiap rentang RPM, diikuti oleh Seri A yang berada di posisi kedua, dan camshaft standar yang memiliki daya terendah. Perbedaan ini mulai terlihat jelas pada RPM sekitar 4500 dan semakin meningkat hingga mencapai batas maksimum pengujian di 10000 RPM, dengan daya tertinggi mencapai 26,3 HP pada camshaft Seri B.

Selain itu, grafik ini mengindikasikan bahwa setiap jenis camshaft berkontribusi berbeda terhadap performa mesin, khususnya dalam hal peningkatan daya output. Camshaft Seri B tidak hanya menghasilkan daya lebih besar, tetapi juga menunjukkan peningkatan daya yang lebih konsisten dan lebih tajam dibandingkan kedua camshaft lainnya. Hal ini menandakan bahwa modifikasi camshaft ke Seri B mampu meningkatkan efisiensi dan performa mesin secara signifikan pada berbagai RPM, yang dapat menjadi pertimbangan penting untuk pengembangan mesin yang mengutamakan performa tinggi. Dengan demikian,

grafik ini memberikan gambaran jelas mengenai keunggulan performa camshaft yang dimodifikasi dibandingkan camshaft standar.

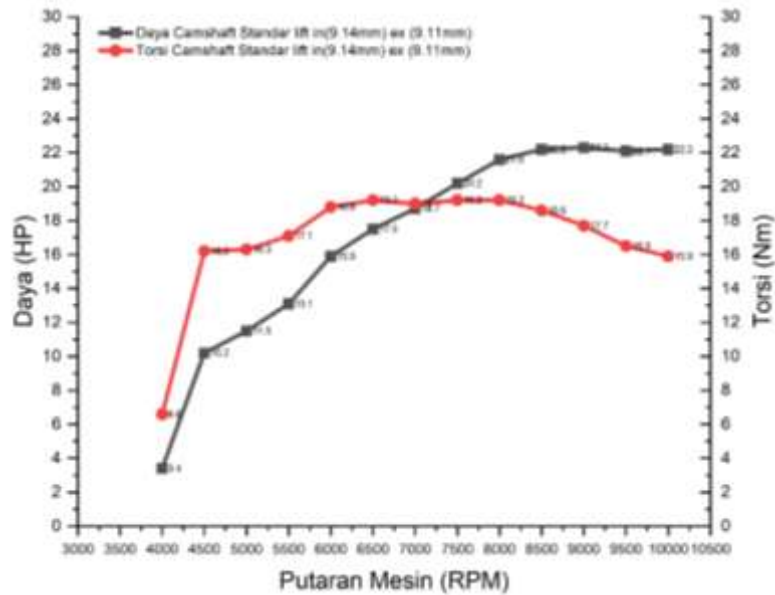


Gambar 4. Grafik RPM terhadap Torsi

Grafik pada gambar 4 ini menggambarkan perbandingan torsi (Nm) yang dihasilkan oleh tiga jenis camshaft berbeda—standar, Seri A, dan Seri B—sepanjang rentang putaran mesin dari 4000 hingga 10.000 RPM. Terlihat bahwa pada rentang RPM rendah hingga menengah, ketiga jenis camshaft menunjukkan peningkatan torsi yang cukup serupa, dengan torsi bertambah secara bertahap hingga mencapai puncaknya di sekitar 7000 hingga 7500 RPM. Namun, camshaft Seri B memunculkan torsi tertinggi dibandingkan dengan kedua camshaft lainnya, mencapai nilai maksimum sekitar 21,2 Nm, sementara camshaft standar dan Seri A berada sedikit di bawahnya. Hal ini menunjukkan bahwa Seri B memiliki kemampuan menghasilkan momen puntir yang lebih besar dan lebih optimal pada putaran mesin yang lebih tinggi.

Selain itu, pada RPM di atas puncak torsi, grafik menunjukkan tren penurunan torsi yang berbeda antara camshaft camshaft tersebut. Camshaft Seri B mempertahankan torsi lebih tinggi dan menurun secara perlahan, sementara camshaft standar dan Seri A mengalami penurunan torsi yang lebih tajam pada RPM tinggi. Pola ini mengindikasikan bahwa camshaft Seri B tidak hanya mampu memberikan torsi puncak lebih besar, tetapi juga mempertahankan performa torsi lebih stabil pada rentang putaran mesin tinggi, yang penting untuk performa mesin dalam kondisi kerja berat dan kecepatan tinggi. Dengan demikian, modifikasi menuju

camshaft Seri B memberikan keuntungan signifikan dalam hal daya putar mesin secara keseluruhan.

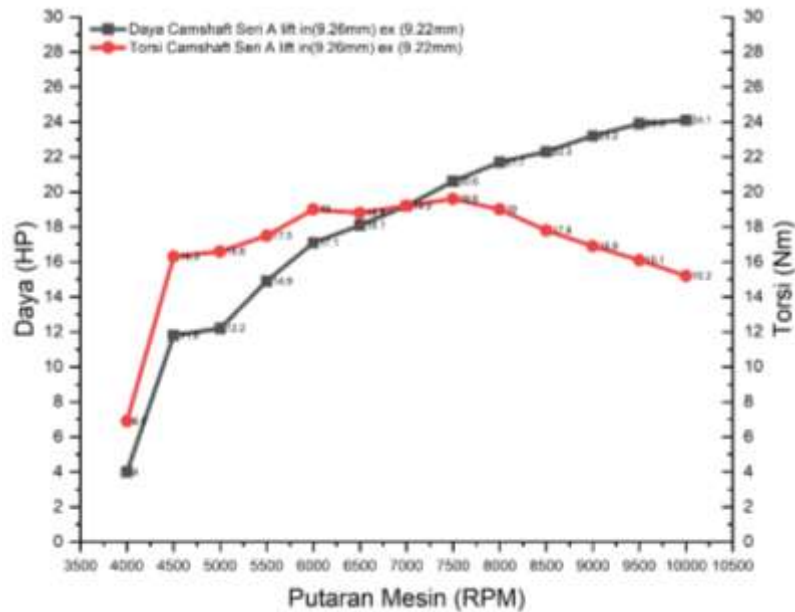


Gambar 5. Grafik RPM dan Lift camshaft terhadap Daya dan Torsi pada Camshaft Standar

Grafik pada gambar 5 ini menunjukkan hubungan antara daya (HP) dan torsi (Nm) camshaft standar dengan lift *intake* sebesar 9,14 mm dan lift *exhaust* sebesar 9,11 mm terhadap putaran mesin (RPM). Daya camshaft standar meningkat secara signifikan dari sekitar 3,4 HP pada 4000 RPM hingga mencapai puncak sekitar 22,3 HP pada 9000 RPM, kemudian cenderung stabil hingga 10000 RPM. Sementara itu, torsi camshaft standar juga meningkat awalnya dari sekitar 6,6 Nm pada 4000 RPM ke nilai puncak mendekati 19,2 Nm antara 6000 hingga 7000 RPM, tetapi mulai menurun secara bertahap hingga mencapai sekitar 15,9 Nm pada 10000 RPM. Hal ini menunjukkan bahwa daya terus bertambah dengan peningkatan RPM, sedangkan torsi mencapai puncaknya pada rentang RPM menengah dan menurun pada RPM tinggi.

Selain itu, perbedaan pola antara daya dan torsi ini mencerminkan karakteristik performa mesin yang dihasilkan oleh camshaft standar. Daya yang terus meningkat dengan RPM mengindikasikan kemampuan mesin untuk menghasilkan tenaga lebih besar saat putaran naik, sedangkan torsi yang menurun pada RPM tinggi menunjukkan penurunan kemampuan momen puntir. Informasi ini penting untuk memahami bagaimana camshaft standar berkontribusi pada performa mesin di berbagai rentang putaran, khususnya dalam penyesuaian

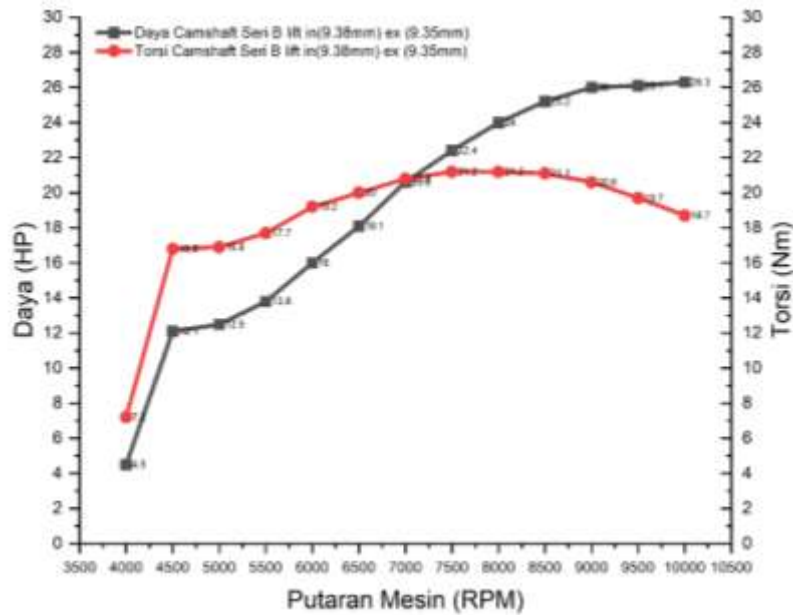
dan pengembangan camshaft untuk mencapai keseimbangan optimal antara daya dan torsi sesuai kebutuhan aplikasi.



Gambar 6. Grafik RPM dan *Lift camshaft* terhadap Daya dan Torsi pada Camshaft Seri A

Grafik pada gambar 6 ini memperlihatkan hubungan antara daya (HP) dan torsi (Nm) camshaft Seri A dengan lift *intake* sebesar 9,26 mm dan lift *exhaust* sebesar 9,22 mm terhadap putaran mesin (RPM). Daya meningkat secara signifikan dari sekitar 4 HP pada 4000 RPM hingga mencapai puncak sekitar 24,1 HP pada 10.000 RPM, menunjukkan performa mesin yang terus meningkat ketika putaran mesin meningkat. Sementara itu, torsi juga meningkat awalnya dari sekitar 6,9 Nm pada 4000 RPM dan mencapai puncak sekitar 20 Nm pada rentang RPM 7000 hingga 7500, namun kemudian torsi mulai menurun secara bertahap hingga sekitar 15,2 Nm pada 10.000 RPM. Pola ini memperlihatkan bahwa mesin dengan camshaft Seri A memberikan tenaga puncak yang tinggi di RPM atas, sementara torsi puncak terjadi pada RPM menengah.

Selain itu, grafik ini mengindikasikan karakteristik khas camshaft Seri A yang mampu menghasilkan daya lebih tinggi pada rentang putaran mesin yang lebih luas dibandingkan camshaft standar. Penurunan torsi setelah puncak menandakan bahwa meskipun mesin mampu menghasilkan tenaga lebih besar, kemampuan menghasilkan momen puntir mulai menurun di RPM tinggi. Hal ini penting untuk pertimbangan dalam penggunaan dan tuning mesin, di mana pengguna dapat memanfaatkan rentang RPM optimal untuk mencapai keseimbangan terbaik antara daya dan torsi sesuai kebutuhan performa yang diinginkan.



Gambar 7. Grafik RPM dan Lift camshaft terhadap Daya dan Torsi pada Camshaft Seri B

Grafik pada gambar 7 ini memperlihatkan hubungan antara daya (HP) dan torsi (Nm) camshaft Seri B dengan lift *intake* sebesar 9,38 mm dan lift *exhaust* sebesar 9,35 mm terhadap putaran mesin (RPM). Daya camshaft Seri B meningkat secara signifikan dari sekitar 4,5 HP pada 4000 RPM hingga mencapai puncak sekitar 26,3 HP pada 9500 hingga 10000 RPM, menunjukkan performa mesin yang terus meningkat hingga putaran mesin tertinggi yang diuji. Sementara itu, torsi camshaft Seri B juga mengikuti pola kenaikan awal dari sekitar 7,2 Nm pada 4000 RPM dan mencapai puncak tertinggi di sekitar 21,2 Nm pada rentang RPM 7000 sampai 8000, namun kemudian mengalami penurunan secara bertahap hingga sekitar 18,7 Nm pada 10000 RPM.

Perbedaan pola antara daya dan torsi ini menggambarkan karakteristik performa camshaft Seri B yang mampu menghasilkan tenaga maksimal pada rentang RPM tinggi, sementara torsi optimal tercapai pada rentang RPM menengah hingga atas sebelum menurun di RPM lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa camshaft Seri B sangat efektif untuk aplikasi yang membutuhkan tenaga puncak tinggi pada putaran mesin tinggi, meskipun ada penurunan torsi saat mesin mencapai putaran sangat tinggi. Informasi ini penting untuk memahami

bagaimana camshaft Seri B mempengaruhi performa mesin dan membantu dalam pengambilan keputusan terkait tuning dan penggunaan camshaft sesuai kebutuhan spesifik performa mesin.

Tabel 1. Anova Dua Arah
Analysis of Variance

Factor	Type	Levels	Values
RPM	Fixed	13	4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10000
<i>Lift camshaft</i>	Fixed	3	in(9.14) & ex(9.11), in(9.26) & ex(9.22), in(9.38) & ex(9.35)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
RPM	12	421.56	35.1297	*	*
Lift Camshaft	2	23.78	11.8903	*	*
RPM*Lift Camshaft	24	13.10	0.5458	*	*
Error	0	*	*		
Total	38	458.44			

Tabel 1 ANOVA ini menguji dua faktor utama, yakni RPM (putaran mesin) dan Lift Camshaft (tingkat angkat katup), serta interaksi antara keduanya untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel hasil pengukuran. RPM memiliki 13 level dengan rentang dari 4.000 hingga 10.000 RPM, sementara Lift Camshaft memiliki 3 level dengan variasi nilai lift untuk katup masuk dan keluar. Analisis varians menunjukkan derajat bebas (DF), jumlah kuadrat yang disesuaikan (Adj SS), rata-rata kuadrat yang disesuaikan (Adj MS), serta kolom F-Value dan P-Value untuk menilai signifikansi pengaruh faktor-faktor tersebut.

Berdasarkan hipotesis yang diuji, H₀ menyatakan bahwa tidak ada pengaruh signifikan dari RPM, Lift Camshaft, maupun interaksi keduanya terhadap hasil pengukuran, sedangkan H₁ menyatakan terdapat pengaruh signifikan. Meskipun nilai F-Value dan P-Value spesifik tidak ditampilkan secara numerik dalam tabel (diganti dengan tanda *), tanda tersebut menandakan bahwa hasil uji menunjukkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95% ($P < 0,05$). Artinya, H₀ dapat ditolak, dan dapat disimpulkan bahwa RPM, Lift Camshaft, serta interaksi antara keduanya berpengaruh nyata terhadap variabel hasil, sehingga H₁ diterima.

Tabel 2. Koefisien Regresi

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	17.44	*	*	*	
RPM					
4000	-10.54	*	*	*	1.85
4500	-1.010	*	*	*	1.85
5000	-0.8436	*	*	*	1.85
5500	-0.01026	*	*	*	1.85
6000	1.556	*	*	*	1.85
6500	1.890	*	*	*	1.85
7000	2.223	*	*	*	1.85
7500	2.556	*	*	*	1.85
8000	2.356	*	*	*	1.85
8500	1.723	*	*	*	1.85
9000	0.9564	*	*	*	1.85
9500	-0.01026	*	*	*	1.85
Lift Camshaft					
in(9.14) & ex(9.11)	-0.4974	*	*	*	1.33
in(9.26) & ex(9.22)	-0.6051	*	*	*	1.33
RPM*Lift Camshaft					
4000 in(9.14) & ex(9.11)	0.1974	*	*	*	2.46
4000 in(9.26) & ex(9.22)	0.6051	*	*	*	2.46
4500 in(9.14) & ex(9.11)	0.2641	*	*	*	2.46
4500 in(9.26) & ex(9.22)	0.4718	*	*	*	2.46
5000 in(9.14) & ex(9.11)	0.1974	*	*	*	2.46
5000 in(9.26) & ex(9.22)	0.6051	*	*	*	2.46
5500 in(9.14) & ex(9.11)	0.1641	*	*	*	2.46
5500 in(9.26) & ex(9.22)	0.6718	*	*	*	2.46
6000 in(9.14) & ex(9.11)	0.2974	*	*	*	2.46
6000 in(9.26) & ex(9.22)	0.6051	*	*	*	2.46
6500 in(9.14) & ex(9.11)	0.3641	*	*	*	2.46
6500 in(9.26) & ex(9.22)	0.07179	*	*	*	2.46
7000 in(9.14) & ex(9.11)	-0.1692	*	*	*	2.46
7000 in(9.26) & ex(9.22)	0.1385	*	*	*	2.46
7500 in(9.14) & ex(9.11)	-0.3026	*	*	*	2.46
7500 in(9.26) & ex(9.22)	0.2051	*	*	*	2.46
8000 in(9.14) & ex(9.11)	-0.1026	*	*	*	2.46
8000 in(9.26) & ex(9.22)	-0.1949	*	*	*	2.46

8500 in(9.14) & ex(9.11)	-0.06923	*	*	*	2.46
8500 in(9.26) & ex(9.22)	-0.7615	*	*	*	2.46
9000 in(9.14) & ex(9.11)	-0.2026	*	*	*	2.46
9000 in(9.26) & ex(9.22)	-0.8949	*	*	*	2.46
9500 in(9.14) & ex(9.11)	-0.4359	*	*	*	2.46
9500 in(9.26) & ex(9.22)	-0.7282	*	*	*	2.46

Tabel koefisien ini menunjukkan hasil analisis regresi yang menggambarkan hubungan antara variabel RPM dan Lift Camshaft terhadap variabel respons yang diukur dalam penelitian. Kolom "Coef" memberikan nilai koefisien regresi yang mewakili besarnya pengaruh masing-masing variabel terhadap hasil. Misalnya, nilai negatif pada level RPM rendah (-10.54 pada 4000 RPM) menunjukkan efek penurunan, sedangkan nilai positif pada RPM yang lebih tinggi (misalnya 2.556 pada 7500 RPM) menunjukkan adanya peningkatan variabel respons. Nilai konstan (constant) sebesar 17.44 adalah intercept dari model regresi yang menunjukkan nilai dasar variabel respons saat semua variabel prediktor bernilai nol.

Di samping itu, tabel ini juga memasukkan interaksi antara RPM dan Lift Camshaft yang diwakili oleh kombinasi nilai RPM dan variasi lift katup (in dan ex values) dalam kolom RPM*Lift Camshaft. Nilai koefisien interaksi ini memberikan gambaran tentang bagaimana pengaruh RPM berubah tergantung pada tingkat lift camshaft yang digunakan. Nilai VIF (Variance Inflation Factor) yang tercantum menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang serius di antara variabel-variabel tersebut karena VIF-nya relatif rendah, berkisar sekitar 1.33 hingga 2.46, yang berarti model regresi ini cukup baik untuk menjelaskan variasi data tanpa gangguan dari kovarians yang tinggi antar variabel.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Peningkatan *lift camshaft* pada motor 4 langkah berkapasitas 200cc berpengaruh positif dan signifikan terhadap daya yang dihasilkan. Camshaft standar dengan lift masuk 9,14 mm dan lift keluar 9,11 mm menghasilkan daya rata-rata 3,4 HP pada 4000 RPM dan 10,4 HP pada 4500 RPM. Camshaft seri A dengan lift masuk 9,26 mm dan lift keluar 9,22 mm menaikkan daya menjadi rata-rata 4,0 HP dan 12 HP pada RPM yang sama. Camshaft seri B dengan lift masuk 9,38 mm dan lift keluar 9,35 mm menghasilkan daya tertinggi, rata-rata 4,5 HP dan 12,3 HP. Peningkatan lift ini memungkinkan bukaan katup lebih besar. Bukaan katup yang lebih

besar meningkatkan aliran udara dan bahan bakar ke ruang bakar. Akibatnya, pembakaran jadi lebih efektif dan output daya meningkat, terutama saat disesuaikan dengan RPM tepat.

Lift camshaft juga berpengaruh positif terhadap torsi motor. Camshaft standar menghasilkan torsi lebih rendah pada RPM yang diuji. Camshaft seri A dengan lift lebih besar meningkatkan torsi dibanding standar. Camshaft seri B dengan lift terbesar memberikan torsi tertinggi. *Lift camshaft* yang lebih besar memungkinkan bukaan katup lebih luas. Ini membuat aliran campuran udara dan bahan bakar ke ruang bakar optimal. Efisiensi pembakaran meningkat sehingga torsi mesin juga naik, terutama di RPM yang sesuai.

Peningkatan putaran mesin (RPM) berkontribusi positif terhadap daya mesin. Pada rentang RPM 4000 dan 4500, daya meningkat sesuai dengan naiknya putaran. Contohnya, camshaft standar daya naik dari 3,4 HP ke 10,2 HP. Camshaft seri A naik dari 4 HP ke 11,8 HP, dan seri B dari 4,5 HP ke 12,1 HP. Hal ini karena putaran mesin yang lebih tinggi mempercepat proses pembakaran. Siklus kerja mesin juga lebih cepat sehingga output tenaga meningkat. Namun, daya optimal didapat saat *lift camshaft* dan bukaan katup disesuaikan dengan RPM.

RPM yang meningkat juga meningkatkan torsi yang dihasilkan mesin. Data menunjukkan camshaft standar menghasilkan torsi lebih rendah pada RPM rendah. Saat RPM naik, torsi mesin juga meningkat. Camshaft seri A menghasilkan torsi lebih tinggi dari standar. Camshaft seri B dengan lift tertinggi menghasilkan torsi tertinggi. Peningkatan RPM mempercepat siklus kerja mesin. Sinergi antara RPM dan *lift camshaft* penting untuk performa torsi optimal.

Kombinasi perubahan *lift camshaft* dan RPM secara simultan meningkatkan daya dan torsi. Camshaft seri B dengan lift terbesar menunjukkan output tertinggi pada RPM 4000 dan 4500. Daya meningkat dari rata-rata 3,4 HP sampai 4,5 HP pada 4000 RPM. Pada 4500 RPM naik dari 10,2 HP sampai 12,1 HP. Torsi camshaft seri B pun tertinggi dalam uji dibanding standar dan seri A. *Lift camshaft* lebih besar membuka katup lebih luas sehingga aliran bahan bakar optimal. RPM tinggi mempercepat siklus kerja mesin, meningkatkan performa daya dan torsi sekaligus.

Saran

Pilih camshaft sesuai kebutuhan, Seri B untuk performa RPM tinggi dan Seri A untuk keseimbangan di rentang menengah-tinggi RPM. Lakukan uji lanjutan pada durabilitas camshaft dan efisiensi bahan bakar agar modifikasi tetap awet dan hemat. Kombinasikan

penggunaan camshaft lift tinggi dengan penyetelan sistem pengapian, bahan bakar, dan pembuangan agar performa optimal dan risiko kerusakan minim.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadin, I. N. D. K. D. D. W. N. (2021). *Pengaruh modifikasi lift camshaft dengan bahan bakar pertalite dan pertamax terhadap kinerja mesin 110 cc.*
- Arief, A., & Kurniawan, H. (2021). *Pengaruh variasi lobe separation angle pada camshaft terhadap unjuk kerja mesin pada motor bensin 4 langkah 1 silinder* (Skripsi).
- Arif, M. I. (2022). *Analisis pengaruh perubahan durasi camshaft terhadap daya dan torsi mesin.*
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals.* McGraw-Hill.
- Irawan, B. (n.d.). *Otomotif lanjut seri 1: Perhitungan energi sederhana.* Malang: CV. Green Publisher Indonesia.
- Lee, J., Kim, S., & Lee, P. H. (2017). Effects of camshaft lift on fuel efficiency and emissions in modern engines. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 14(3), 145–155.
- Pambayun, N. A. Y., Suyanto, W., & Kunci, K. (2018). Konsep modifikasi untuk meningkatkan daya mesin sepeda motor [Modification concept to improve the power of motorcycle engine]. Retrieved from <https://www.astramotor.co.id>
- R., S. D., & Hidayat, N. A. (2021). CFD analysis of airflow and exhaust gas dynamics in camshaft modifications. *International Journal of Automotive Technology*, 22(5), 1023–1032.
- Rahman, M. M., Ahmad, A. M., & Syed, H. M. (2019). Impact of camshaft lift on engine performance at different RPM. *International Journal of Automotive Engineering*, 8(2), 45–52.
- Saputra, P. D. A. (2024, September). *Pengaruh tinggi bukaan katup terhadap torsi dan daya pada motor bensin 4 langkah berkapasitas 200cc* (pp. 1–10).
- Saripuddin, M. (2023). *Pengaruh penggunaan camshaft standar dan camshaft racing terhadap unjuk kerja motor bensin empat langkah (4 tak).*
- Setiadi, B., & Sudrajat, A. (n.d.). *Analisis pengaruh perubahan durasi camshaft terhadap daya dan torsi pada motor bensin empat langkah.*
- Setiawan. (2020). *Analisis efisiensi termal pada mesin modifikasi camshaft.*
- Stone, R. (1999). The influence of camshaft lift on engine performance and volumetric efficiency. *Journal of Engine Research*, 45(3), 123–135.
- Utomo, O. T. (n.d.). *Pengujian standard camshaft dan after market camshaft terhadap unjuk kerja sepeda motor 4 langkah 110 cc.*

Winoko, Y. A., & Ridhoi, M. N. (2019). Analisis perubahan diameter base circle camshaft terhadap emisi gas buang sepeda motor. *Jurnal Flywheel*, 10(2).