

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dimulai dari proses pengambilan dan pengumpulan data meliputi durasi *standard camshaft* dan *after market camshaft*, *lift standard camshaft* dan *after market camshaft*, torsi, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang.

4.1. Durasi dan *Camshaft Lift*

Pengambilan data durasi dan *lift* dari *standard camshaft* dan *after market camshaft* dilakukan menggunakan metode *dial* indikator dan busur derajat. Setelah melakukan pengukuran, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data Pengukuran *Camshaft*

DATA PENGUKURAN CAMSHAFT		
	STANDARD CAMSHAFT	AFTER MARKET CAMSHAFT
DURASI <i>IN</i> (°)	230	256.5
DURASI <i>EX</i> (°)	209.5	227
<i>LIFT IN</i> (mm)	6.03	6.93
<i>LIFT EX</i> (mm)	6.03	6.93

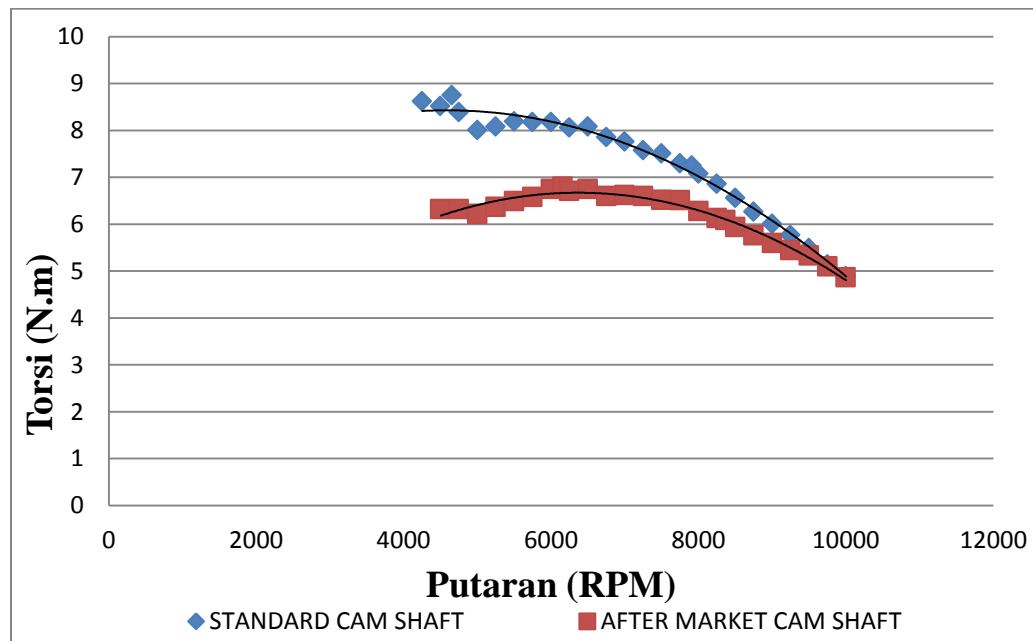
Dari hasil data pengukuran yang dilakukan, didapat bahwa *after market camshaft* memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan *standard camshaft*. Hal ini dikarenakan *after market camshaft* memiliki profil yang lebih lebar dan lebih tinggi, sehingga *after market camshaft* ini mampu menggerakkan katup dengan durasi yang lebih lama dan lebih tinggi dibandingkan *standard camshaft*. Durasi katup *in* dari *after market camshaft* 256,5⁰, lebih besar dibandingkan dari durasi katup hisap *standard camshaft* sebesar 230,5⁰. Hal itu menunjukkan bahwa durasi katup hisap dari *after market* akan bergerak lebih lama dari *standard camshaft*.

Untuk durasi katup buang *after market camshaft* 227° , lebih besar jika dibandingkan dengan durasi katup buang dari *standard camshaft* sebesar $209,5^{\circ}$. Maka dapat disimpulkan bahwa durasi katup buang dari *after market camshaft* bekerja lebih lama dari katup buang *standard camshaft*.

Untuk tinggi angkatan katup maksimum atau *lift* dari *standard camshaft* memiliki nilai yang sama antara katup hisap dan katup buang, yaitu 6,03 mm. Sedangkan untuk *after market camshaft* memiliki nilai tinggi angkatan katup maksimum atau *lift* yang sama antara katup hisap dan buang yaitu 6,95 mm. Maka dapat disimpulkan bahwa tinggi angkatan katup dari *standard camshaft* lebih rendah 0,92 mm dari *after market camshaft*.

4.2. Torsi (N.m)

Pengujian torsi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat dinamometer dengan variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft*. Hasil dari pengujian kedua variasi digambarkan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Variasi *Camshaft* Terhadap Torsi

Dari gambar 4.1, Nilai torsi yang dihasilkan *standard camshaft* lebih baik dibandingkan dengan *after market camshaft*. Pada saat pengujian variasi *standard camshaft* langsung mendapatkan nilai torsi tertinggi pada putaran bawah yaitu 4732 RPM dengan nilai torsi sebesar 8,71 N.m. Namun setelah mencapai nilai torsi tertinggi, pada putaran mesin berikutnya nilai torsi menurun. Pada putaran 5000 RPM nilai torsi menurun menjadi 8,06 N.m, ketika mencapai putaran 5500 RPM, nilai torsinya sedikit mengalami peningkatan menjadi 8,14 N.m, sampai pada putaran 6000 RPM cenderung stabil yaitu sebesar 8,15 N.m. Setelah melewati putaran 6000 RPM, nilai torsinya kembali mengalami penurunan sampai putaran 10000 RPM. Putaran 7000 RPM, nilai torsi dari variasi *standard camshaft* bernilai 7,73 N.m, saat mencapai putaran 8000 RPM nilai torsinya terus menurun yaitu sebesar 7,06 N.m. Pada putaran tinggi yaitu 9000 RPM, nilai torsinya sudah menurun sampai 5,94 N.m, dan pada putaran terakhir yang dapat dihasilkan oleh hasil dinamometer yaitu 10000 RPM nilainya 4,80 N.m.

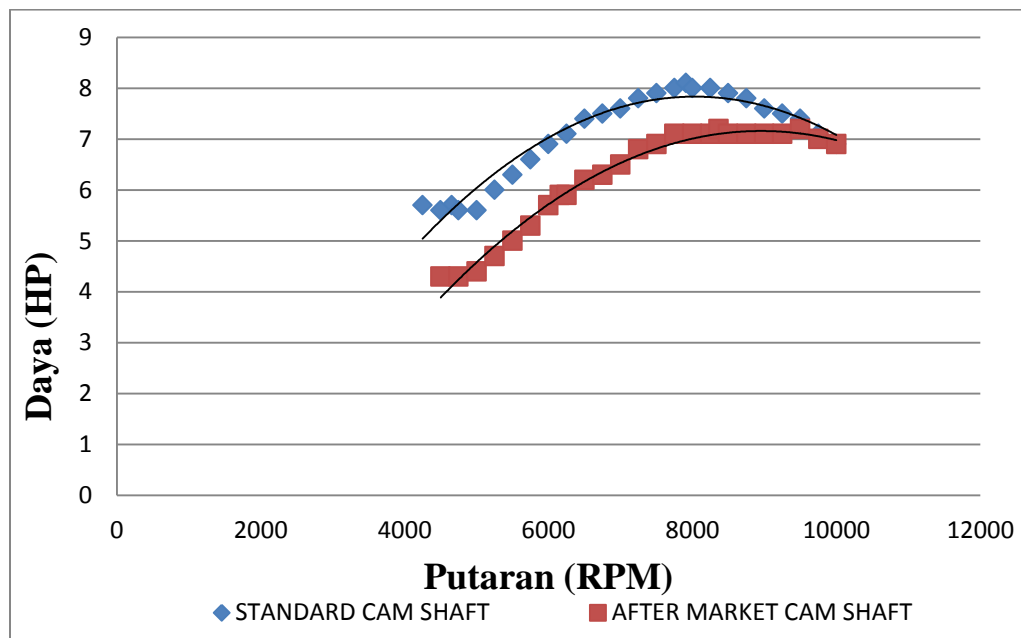
Berbeda dengan *standard camshaft*, hasil pengujian torsi dari variasi *after market camshaft* pada putaran bawah yaitu 4250 rpm nilai torsinya 6,33 N.m, dan sempat menurun pada putaran 4500 RPM menjadi 6,29 N.m, dan pada putaran 4750 RPM terus menurun menjadi 6,12 N.m. Setelah itu nilai torsinya kembali meningkat pada putaran 5000 RPM sebesar 6,23 N.m, dan terus meningkat hingga pada putaran 6000 RPM nilai torsinya sebesar 6,72 N.m. Variasi *after market camshaft* memiliki nilai puncak torsinya pada putaran 6158 RPM dengan nilai 6,76 N.m, dan terus menurun sampai putaran tertinggi. Saat mencapai putaran 7000 RPM, nilai torsinya menurun menjadi 6,57 N.m, dan pada saat mencapai putaran 8000 RPM nilainya terus menurun menjadi 6,24 N.m. Saat putaran 9000 RPM nilai torsinya hanya 5,55 N.m, dan pada putaran tertinggi 10000 RPM nilai torsinya 4,78 N.m.

Nilai torsi yang dihasilkan *after market camshaft* dengan durasi yang lebih besar dan *lift* yang lebih tinggi tidak menghasilkan torsi yang lebih baik dari *standard camshaft* karena perubahan pada *after market camshaft* perlu didukung dengan

perubahan pada komponen lainnya seperti sudut pengapian, kompresi, dan diameter katup.

4.3. Daya (P)

Pengujian daya dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat yang sama dengan pengujian torsi, yaitu dinamometer. Hasil pengujian daya untuk variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft* digambarkan dalam grafik sebagai berikut .



Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Variasi *Camshaft* Terhadap Daya

Dari grafik di atas , nilai daya yang dihasilkan *standard camshaft* lebih baik dibandingkan dengan *after market camshaft*. Pengujian daya pada variasi *standard camshaft* pada putaran bawah yaitu 4250 RPM daya yang dihasilkan bernilai 5,77 HP, sampai putaran 5000 RPM nilainya menurun menjadi 5,67 HP. Setelah putaran 5000 RPM nilainya kembali mengalami peningkatan, yaitu pada putaran 6000 RPM bernilai 6,90 HP, dan terus meningkat menjadi 7,60 HP pada putaran 7000 RPM. Saat mencapai putaran 8000 RPM, dayanya bernilai 7,97 HP, dan daya dari variasi *standard camshaft*

mencapai puncak pada 8103 RPM yaitu sebesar 8,03 HP. Setelah itu nilai dayanya terus menurun sampai putaran 9000 RPM nilainya 7,53 HP, dan pada putaran 10000 RPM nilainya 6,80 HP.

Jika hasil daya dari pengujian *standard camshaft* mengalami peningkatan dan penurunan sebeum mencapai titik puncak, *after market camshaft* terus mengalami peningkatan dari rpm bawah sampai pada titik puncak. Pada putaran awal 4250 RPM, nilai dayanya hanya 4,05 HP, namun terus mengalami peningkatan. Pada putaran 5000 RPM nilai dayanya meningkat menjadi 4,40 HP, dan terus meningkat signifikan menjadi 5,70 pada putaran 6000 RPM. Ketika mencapai 7000 RPM, nilai dayanya meningkat menjadi 6,50 HP, dan setelah mencapai 8000 RPM nilai nya 7,07 HP. *After market camshaft* mencapai titik tertinggi nilai dayanya pada putaran 8928 RPM dengan nilai 7,13 HP, dan perlahan menurun menjadi 7,07 HP pada putaran 9000 RPM. Pada putaran tertinggi 10000 RPM nilai dayanya sebesar 6,77 HP.

Sama halnya seperti pengujian torsi, nilai daya yang dihasilkan *after market camshaft* dengan durasi yang lebih besar dan *lift* yang lebih tinggi tidak menghasilkan daya yang lebih baik dari *standard camshaft* karena perubahan pada *after market camshaft* perlu didukung dengan perubahan pada komponen lainnya seperti sudut pengapian, kompresi, dan diameter katup.

4.4. Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa konsumsi bahan bakar yang digunakan pada variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft*. Untuk menghitung nilai konsumsi bahan bakar perlu diketahui berat jenis bahan bakar yang digunakan. Jika bahan bakar yang digunakan adalah premium, berat jenis nya yaitu 0,7471. Perhitungan yang digunakan untuk mengetahui nilai konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut.

Jika :

$$b = 10 \text{ cc}$$

$$t = 338 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 0,7471 \text{ (kg/liter) massa jenis premium}$$

Maka :

$$\dot{m}f = \frac{25}{338} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,7471 \left(\frac{\text{cc}}{\text{s}} \cdot \frac{\frac{\text{s}}{\text{jam}}}{\frac{\text{cc}}{\text{liter}}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \right)$$

$$\dot{m}f = 0,199 \text{ (kg/jam)}$$

Jika :

$$b = 25 \text{ cc}$$

$$t = 342 \text{ s}$$

$$\rho_{bb} = 0,7471 \text{ (kg/liter) massa jenis premium}$$

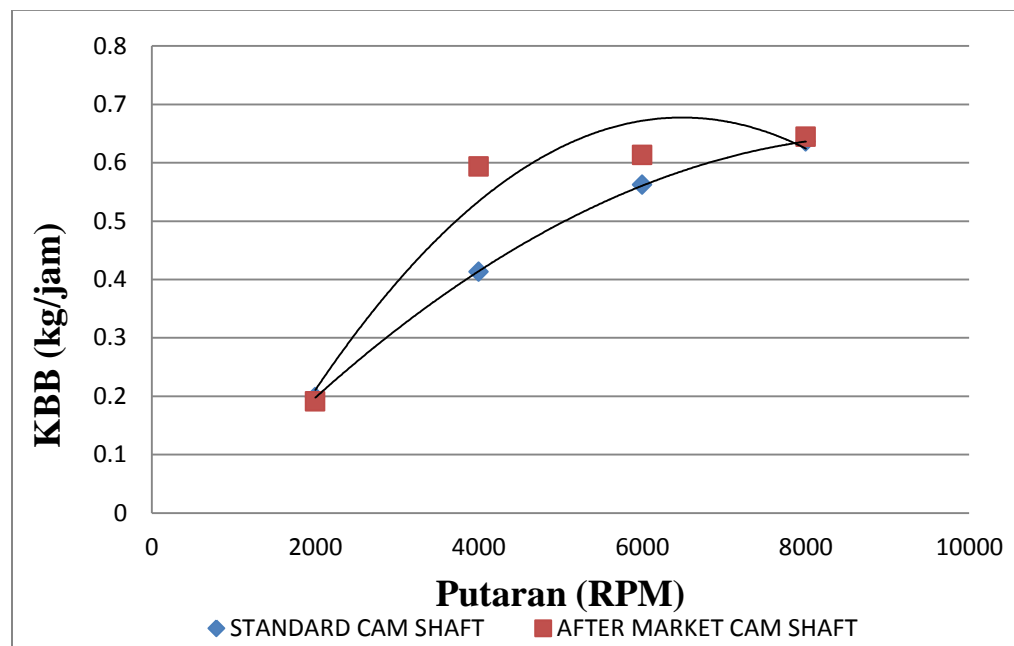
Maka :

$$\dot{m}f = \frac{25}{355} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot 0,7471 \left(\frac{\text{cc}}{\text{s}} \cdot \frac{\frac{\text{s}}{\text{jam}}}{\frac{\text{cc}}{\text{liter}}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{liter}} \right)$$

$$\dot{m}f = 0,189 \text{ (kg/jam)}$$

Tabel 4.2. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar (mf)

PENGUJIAN KBB VARIASI <i>STANDARD CAMSHAFT</i>							
RPM	t1	t2	t3	mf t1	mf t2	mf t3	Rata - rata
2000	338	342	335	0.19893195	0.19660526	0.20071343	0.19875022
4000	157	162	169	0.42827389	0.41505556	0.39786391	0.41373112
6000	117	119	123	0.57469231	0.56503361	0.54665854	0.56212815
8000	105	107	105	0.64037143	0.62840187	0.64037143	0.63638158
PENGUJIAN KBB VARIASI <i>AFTER MARKET CAMSHAFT</i>							
RPM	t1	t2	t3	mf t1	mf t2	mf t3	Rata - rata
2000	355	349	349	0.18940563	0.19266189	0.19266189	0.19157647
4000	115	111	114	0.58468696	0.60575676	0.58981579	0.59341983
6000	112	110	107	0.60034821	0.61126364	0.62840187	0.61333791
8000	102	105	106	0.65920588	0.64037143	0.63433019	0.64463583



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

gambar 4.3 menunjukkan bahwa *after market camshaft* menghasilkan Konsumsi Bahan Bakar (KBB) yang lebih boros dibandingkan dengan *standard camshaft*. Pada putaran awal yaitu 2000 RPM, nilai konsumsi bahan bakar antara variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft* tidak memiliki perbedaan signifikan. *After market camshaft* memiliki nilai konsumsi bahan bakar spesifik 0,1987 kg/jam pada putaran 2000 RPM, sedangkan untuk *after market camshaft* nilainya 0,1915 kg/jam.

Pada putaran 4000 RPM nilai konsumsi bahan bakar untuk *standard camshaft* bernilai 0,4137 kg/jam, dimana memiliki selisih 0,1797 dari nilai konsumsi bahan bakar spesifik variasi *after market camshaft* yaitu 0,5934 kg/jam. Pada putaran 6000 RPM nilai konsumsi bahan bakar variasi *standard camshaft* juga bernilai lebih kecil dibandingkan dengan variasi *after market camshaft*, dimana *standard camshaft* bernilai 0,5621 kg/jam dan *after market camshaft* bernilai 0,6133 kg/jam.

Pada putaran 8000 RPM nilai konsumsi bahan bakar dari variasi *standard camshaft* memiliki lebih besar dibandingkan *after market camshaft*, dimana nilai konsumsi bahan bakar spesifik *standard camshaft* bernilai 0,6363 kg/jam dan *after market camshaft* bernilai 0,6446 kg/jam.

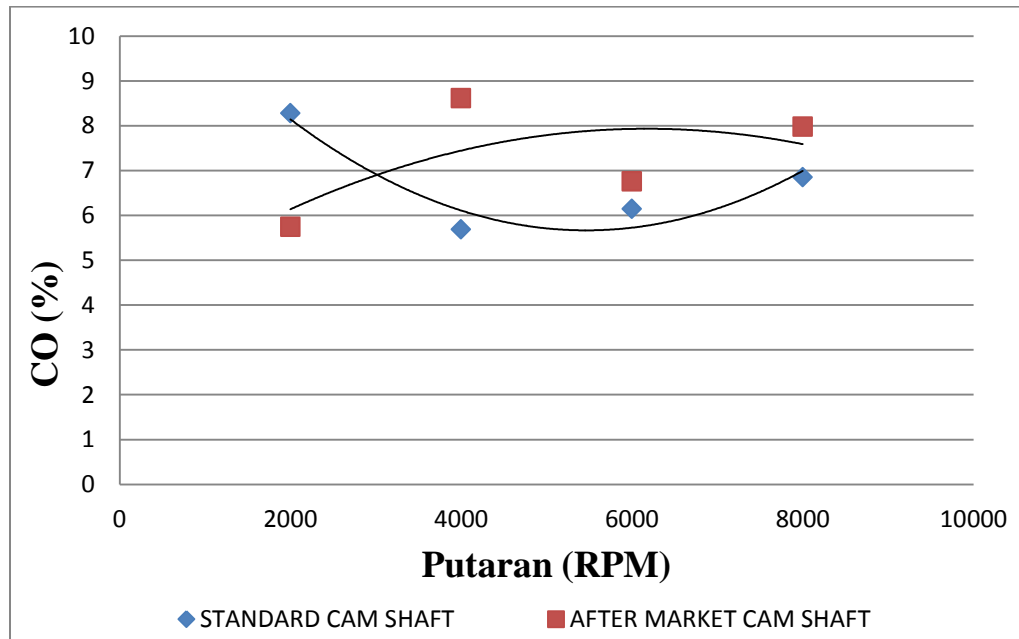
Jika dilihat dari spesifikasi *after market camshaft* yang lebih besar dan *lift* yang lebih tinggi dibandingkan *standard camshaft* sudah berbanding lurus dengan hasil dari konsumsi bahan bakar, dimana *after market camshaft* menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak dibandingkan *standard camshaft*. Hal ini dikarenakan *camshaft* dengan durasi dan *lift* yang lebih besar akan menggerakkan katup lebih lama dan lebih tinggi, sehingga memungkinkan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin banyak.

4.5. Emisi Gas Buang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar polusi yang dihasilkan oleh knalpot benda uji dari variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft*. Dari hasil pengujian uji emisi gas buang yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon merupakan salah satu hasil ukuran dari pengujian emisi gas buang, dan hasilnya digambarkan dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan *Camshaft* Terhadap Karbon Monoksida (CO)

Gambar 4.4. menunjukkan perbandingan variasi *standard camshaft* dan *after market camshaft* terhadap nilai kandungan karbon monoksida (CO) dari knalpot sepeda motor. Pada putaran 2000 RPM *standard camshaft* menghasilkan CO sebanyak 8,282 %, lebih tinggi 2,535 % dari nilai CO yang dihasilkan *after market camshaft* sebesar 5,747 %. Namun berbeda pada putaran 4000 RPM dimana kandungan CO dari *standard camshaft* lebih rendah 2,926 % dari *after market camshaft*, dimana *standard camshaft* menghasilkan CO sebesar 5,690 % sedangkan *after market camshaft* menghasilkan 8,616 %.

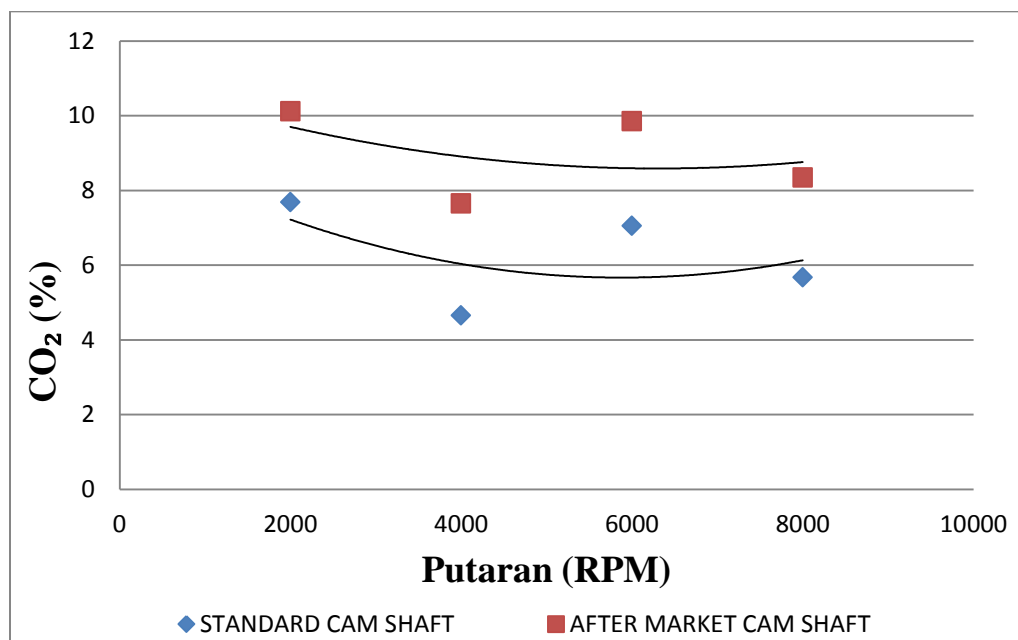
Pada putaran 6000 RPM *standard camshaft* menghasilkan CO sebesar 6,144 %, dimana memiliki selisih lebih rendah 1,835 % dari *after market camshaft* yang menghasilkan CO sebesar 7,979 %. Sedangkan pada putaran 8000 RPM *standard camshaft* nilai nya lebih tinggi dengan hanya berselisih 0,097 % dibandingkan *after*

market camshaft, dimana *standard camshaft* menghasilkan CO sebesar 6,855 % dan *after market camshaft* menghasilkan CO 6,758 %.

Kandungan CO dalam pengujian ini ditentukan oleh besarnya nilai oksigen yang masuk ke dalam ruang pembakaran. Jika dilihat dari grafik dapat diketahui bahwa pada putaran 2000 rpm, *standard camshaft* kekurangan oksigen untuk melakukan proses pembakaran di dalam kepala silinder, yang menyebabkan nilai karbon monoksidanya lebih tinggi dari *after market camshaft*. Namun pada pada putaran 4000 RPM dan 6000 RPM, *standard camshaft* memiliki hasil yang lebih baik, dimana menghasilkan CO yang lebih rendah dibandingkan dengan *after market camshaft*. Sedangkan pada putaran 8000 RPM nilai CO yang dihasilkan oleh kedua variasi pengujian memiliki nilai yang tidak jauh berbeda.

2. Karbondioksida (CO₂)

Hasil pengujian kandungan Karbondioksida yang dihasilkan dari knalpot ditunjukkan dalam gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan *Camshaft* Terhadap Karbondioksida (CO₂).

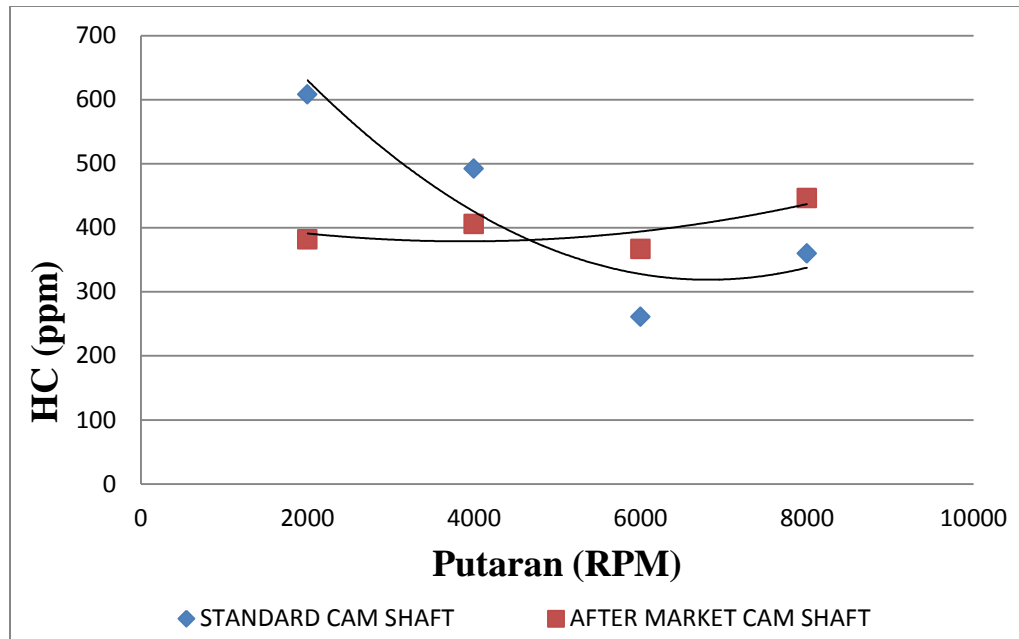
Gambar 4.5. menunjukkan bahwa *after market camshaft* menghasilkan Karbondioksida yang lebih tinggi dibandingkan *standard camshaft*. Berbeda dengan hasil CO yang dihasilkan, kandungan CO₂ yang dihasilkan dalam pengujian ini dimana *standard cam shaft* menghasilkan CO₂ yang jauh lebih rendah dari *after market camshaft* pada setiap tingkatan putaran mesin (RPM) yang diujikan.

Pada putaran 2000 RPM karbondioksida yang dihasilkan oleh *standard camshaft* sebesar 7,68 %, dimana lebih rendah 2,44 % dibandingkan *after market camshaft* yang menghasilkan karbondioksida sebesar 10,12 %. Sedangkan pada putaran 4000 RPM *standard camshaft* juga menghasilkan karbondioksida yang lebih rendah dengan selisih 3 %, dimana *standard camshaft* menghasilkan 4,65 % sedangkan *after market camshaft* menghasilkan 7,65 %.

Pada putaran 6000 RPM variasi *standard camshaft* menghasilkan karbondioksida sebesar 7,05 %, lebih rendah 1,29 % dibandingkan *after market camshaft* yang menghasilkan karbondioksida sebesar 8,34 %. Sedangkan pada putaran 8000 RPM *standard camshaft* menghasilkan karbondioksida sebesar 5,67 %, berselisih jauh lebih rendah 4,18 % dibandingkan *after market camshaft* yang menghasilkan 9,85 %.

3. Hidro Karbon (HC)

Hasil pengujian kandungan hidro karbon dalam penelitian ini ditunjukkan dalam gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan *Camshaft* Terhadap Hidro Karbon

Grafik di atas menunjukkan pengaruh perbedaan *standard camshaft* dan *after market camshaft* terhadap nilai hidro karbon yang dihasilkan oleh knalpot benda uji. Pada putaran mesin 2000 RPM *standard camshaft* menghasilkan kandungan hidro karbon sebesar 608 ppm, jauh berselisih lebih tinggi 226 ppm dari *after market camshaft* dimana hanya menghasilkan 382 ppm. Sedangkan pada putaran mesin 4000 RPM *standard camshaft* juga menghasilkan hidro karbon yang lebih tinggi, dimana menghasilkan 492 ppm dan *after market camshaft* menghasilkan 406 ppm.

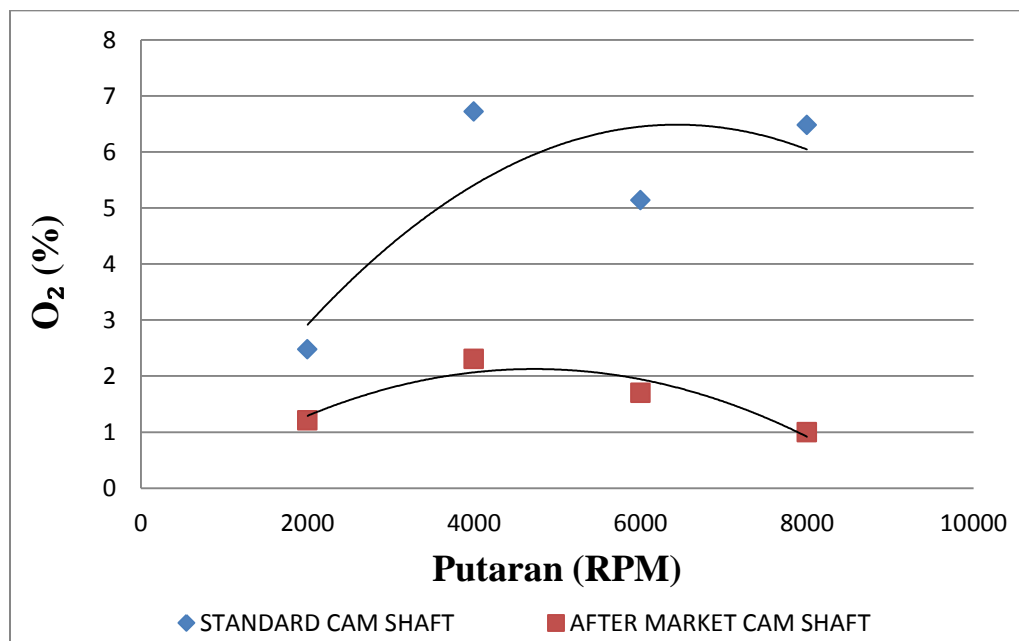
Berbeda dengan putaran 2000 RPM dan 4000 RPM, pada putaran 6000 RPM *standard camshaft* justru menghasilkan hidro karbon yang lebih rendah 106 ppm, dimana *standard camshaft* menghasilkan hidro karbon sebanyak 261 ppm dan *after market camshaft* menghasilkan 367 ppm. Sedangkan pada putaran 8000 rpm *standard camshaft* menghasilkan hidro karbon 360 ppm, lebih rendah 86 ppm dibandingkan *after market camshaft* yang menghasilkan 446 ppm.

Kandungan hidro karbon dari uji emisi menunjukkan bahwa adanya sisa pembakaran yang tidak dapat dituntaskan dalam kepala silinder. Grafik 4.6 menunjukkan

bahwa pada putaran rendah yaitu 2000 RPM dan 4000 RPM, *standard camshaft* tidak menghasilkan pembakaran yang lebih baik, karena didapat hasil hidro karbon yang lebih tinggi dari *after market camshaft*, namun pada putaran 6000 RPM dan 8000 RPM hasilnya berbeda, dimana *standard camshaft* menghasilkan pembakaran yang lebih baik daripada *after market camshaft*. Hal itu dapat diketahui dari hasil hidro karbon atau sisa pembakaran yang lebih rendah dibandingkan dengan *after market camshaft*.

4. Oksigen (O₂)

Hasil pengujian kandungan oksigen dalam penelitian ini digambarkan dalam gambar 4.7.



Gambar 4.7. Grafik Pengaruh *Camshaft* Terhadap Nilai Oksigen.

Gambar 4.7 menunjukkan oksigen yang dihasilkan *after market camshaft* lebih rendah dibandingkan oksigen yang dihasilkan oleh *standard camshaft*. Pada pengujian oksigen, *standard camshaft* menghasilkan kandungan oksigen yang lebih tinggi dari *after market camshaft* pada setiap putaran mesin yang diujikan. Pada putaran mesin 2000 RPM *standard camshaft* menghasilkan oksigen sebanyak 2,48 %, lebih tinggi 1,27

% dari *after market camshaft* yang menghasilkan 1,21 %. Sedangkan pada putaran mesin 4000 RPM nilai oksigen yang dihasilkan *standard camshaft* lebih tinggi 4,41 % dibandingkan dengan *after market camshaft*, dimana *standard camshaft* menghasilkan oksigen 6,72 % dan *after market camshaft* menghasilkan 2,31 %.

Pada putaran 6000 RPM *standard camshaft* menghasilkan kandungan oksigen sebanyak 5,14 %, berselisih lebih tinggi 2,44 % dibandingkan yang dihasilkan oleh *after market camshaft* dengan kandungan oksigen sebanyak 1,71 %. Sedangkan pada putaran 8000 RPM kandungan oksigen yang dihasilkan oleh *standard camshaft* sebesar 6,48 %, dan yang dihasilkan oleh *after market camshaft* sebesar 1 %.

Gambar 4.7. menunjukkan bahwa campuran bahan bakar dan udara yang digunakan untuk pembakaran pada *standard camshaft* lebih kaya dibandingkan dengan *after market camshaft*. Hal itu dibuktikan dengan tingginya kandungan oksigen dari *standard camshaft* dari putaran 2000 RPM sampai 8000 RPM.