

**PENGARUH VARIASI LOBE SEPARATION ANGLE (LSA)
PADA CAMSHAFT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SUPRA X 125 TAHUN 2008**

Destrio Estu Wijanata

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: destrioestuwijanata86@yahoo.com

Muhaji

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: Muhaji61@unesa.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan sudut LSA *camshaft* terhadap unjuk kerja mesin Honda Supra X tahun 2008. Variasi sudut LSA kelompok standar (LSA= 104°) dan kelompok eksperimen (modifikasi LSA= 102° dan LSA= 103°. Metode pengujian unjuk kerja mesin berdasarkan SAE J1349 pada beban penuh (*Full Open Throttle Valve*) dengan posisi transmisi *top gear*. Analisis data dengan menggunakan deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa secara umum penggunaan sudut LSA *camshaft* modifikasi 103° pada mesin Honda Supra X tahun 2008 lebih baik dibandingkan dengan sudut LSA *camshaft* standar 104° maupun modifikasi 102° dari segi unjuk kerja mesin. Hal ini dibuktikan dengan Torsi optimal dihasilkan dengan menggunakan sudut LSA *camshaft* modifikasi 103° sebesar 1,09 kgf.m dengan persentase peningkatan sebesar 7,92% pada 5500 rpm dan 12,62% pada 6000 rpm. Daya efektif optimal dihasilkan dengan menggunakan sudut LSA *camshaft* modifikasi 103° sebesar 10,24 PS dengan persentase peningkatan sebesar 20,24% pada 7000 rpm. Konsumsi bahan bakar dihasilkan dengan menggunakan sudut LSA *camshaft* modifikasi 102° sebesar 0,28 kg/jam dengan persentase penurunan sebesar -5,03% pada 3500 rpm. Tekanan efektif rata-rata optimal dihasilkan dengan menggunakan sudut LSA *camshaft* modifikasi 103° sebesar 2,55 kg/cm² dengan persentase peningkatan sebesar 11,93% pada 6000 rpm dibandingkan dengan menggunakan sudut LSA *camshaft* standar 104°.

Kata kunci: *Camshaft, Lobe Separation Angle (LSA), Unjuk Kerja Mesin.*

ABSTRACT

The objective of this study is to know how big the influence of LSA camshaft angle changing about engine performance of Honda Supra X year 2008. Variation of standard group (LSA=104°) and experiment group (LSA=102° and LSA=103° modification). The performance engine testing method is based on SAE J1349 in full open throttle valve with the top gear transmission position. Data analysis by using descriptive it can be concluded that generally the use of 103° modification camshaft LSA's angle at Honda Supra X year 2008 engine is better than 104° standard camshaft LSA's angle although 102° modification looked from engine performance. It is proven with optimal Torsi that is resulted by using 103° modification camshaft LSA's angle in the amount of 1.09 kgf.m of increasing percentage 7.92% in 5,500 rpm and 12.62% in 6,000 rpm. Optimal effective power is resulted by using 103° modification camshaft LSA's angle in the amount of 10.24 PS of increasing percentage 20.24% in 7,000 rpm. Fuel consumption is resulted by using 102° modification camshaft LSA's angle in the amount of 0.28 kg/hour of decreasing percentage -5.03% in 3,500 rpm. Optimal average effective pressure is resulted by using 103° modification camshaft LSA's angle in amount of 2.55 kg/cm² of increasing percentage 11.93% in 6,000 rpm just than using 104° modification camshaft LSA's angle.

Keywords: *Camshaft, Lobe Separation Angle (LSA), Engine Performance.*

PENDAHULUAN

Seiring dengan naiknya harga bahan bakar dan semakin menipisnya persediaan bahan bakar untuk memenuhi tuntutan penggunaan transportasi yang semakin meningkat, maka berbagai inovasi diciptakan demi mengoptimalkan konsumsi bahan bakar tersebut seefisien mungkin tetapi tidak mengurangi unjuk kerja yang dihasilkan kendaraan.

Usaha penghematan ini dapat dilakukan mulai dengan mencari metode baru yang lebih efisien hingga

melakukan eksperimen dengan memodifikasi sistem yang sudah ada menjadi lebih efisien lagi.

Modifikasi *engine* yang dilakukan diantaranya yaitu *bore up, stroke up, porting*, karburator, *manifold*, perubahan sudut *squish* katup, hingga poros bubungan (*camshaft*). Modifikasi pada bagian poros bubungan ada beberapa cara, diantaranya yaitu pemotongan *cam*/bubungan, perubahan *lobe separation angle* (LSA) dan mengganti dengan poros bubungan *racing* (Mulyono, 2013).

Lobe separation angle (LSA) berperan besar terhadap peningkatan kesempurnaan pembakaran. LSA

merupakan sudut antara *lobe intake* dengan *lobe exhaust*. LSA berhubungan dengan *overlap*. LSA dengan *overlap* berbanding terbalik, dengan catatan *duration* tetap. Dengan memperbesar LSA sama dengan memperkecil *overlap*, sebaliknya menyempitkan LSA memperbesar *overlap*.

Melalui modifikasi perubahan *lobe separation angle* (LSA) maka akan mempengaruhi banyak sedikitnya campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Besarnya volume udara yang sebenarnya masuk ke dalam silinder dapat dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume udara yang masuk dengan volume langkah torak dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Angka ini selanjutnya disebut dengan “Efisiensi Volumetrik”. Bila harga dari efisiensi volumetrik semakin besar maka semakin banyak udara yang masuk ke dalam silinder dan semakin lancar alirannya (Winarno, 2010).

Tujuan akhir dalam modifikasi *camshaft* yaitu untuk menambah efisiensi volumetris campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder dan memperlancar proses pembuangan setelah pembakaran. Diharapkan dengan meningkatnya efisiensi volumetris yang masuk ke dalam silinder dan terbakar sempurna maka dapat menghasilkan tenaga yang besar sehingga unjuk kerja mesin menjadi meningkat pula.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Siswanto (2012), penggunaan LSA *camshaft* standar (104°) menghasilkan daya maksimal pada putaran 7000 rpm yaitu sebesar 7,89 hp. Dengan memperlebar LSA *camshaft* menjadi 107° mengakibatkan daya maksimal menjadi turun berada pada putaran 6500 rpm yaitu sebesar 7,55 hp. Sedangkan dengan mempersempit LSA *camshaft* menjadi 101° mengakibatkan daya maksimal menjadi naik berada pada putaran 7500 rpm yaitu sebesar 8,31 hp.

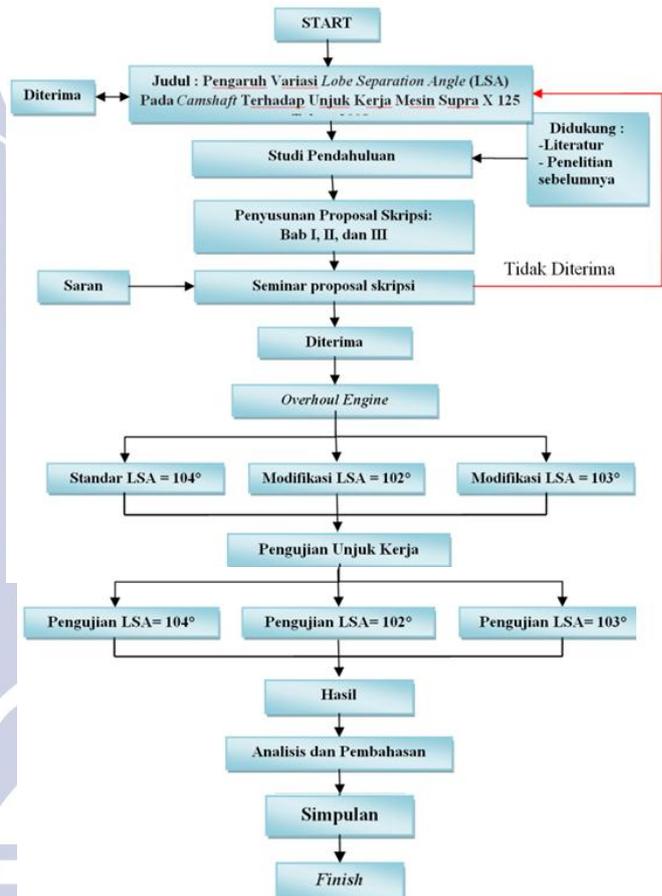
Demikian juga dengan hasil penelitian unjuk kerja sepeda motor Suzuki Shogun 110 tahun perakitan 2001 yang dilakukan oleh Susilo (2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian menggunakan *camshaft* dengan LSA 105° (standar), 95° , 100° , 110° , dan 115° mempengaruhi unjuk kerja mesin. Torsi maksimum tertinggi dihasilkan *camshaft* dengan LSA 105° yaitu sebesar 0,88 kgf.m pada 3500 rpm. Daya maksimum tertinggi dihasilkan *camshaft* dengan LSA 95° yaitu sebesar 6,39 PS pada 6500 rpm. Konsumsi bahan bakar spesifik terendah dihasilkan *camshaft* dengan LSA 95° yaitu sebesar 0,068 kg/PS jam pada 3500 rpm. Tekanan efektif rata-rata tertinggi dihasilkan *camshaft* dengan LSA 105° yaitu sebesar 10,192 kg/cm². Efisiensi *thermal* tertinggi dihasilkan *camshaft* dengan LSA 105° yaitu sebesar 93,240%. Dalam penelitian ini *camshaft* yang terbaik adalah *camshaft* dengan LSA 105° (standar).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut LSA pada *camshaft* terhadap unjuk kerja mesin Honda Supra X tahun 2008.

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan memberikan inspirasi kreatifitas pada pembaca tentang pengembangan teknologi otomotif terutama pada mekanisme katup.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

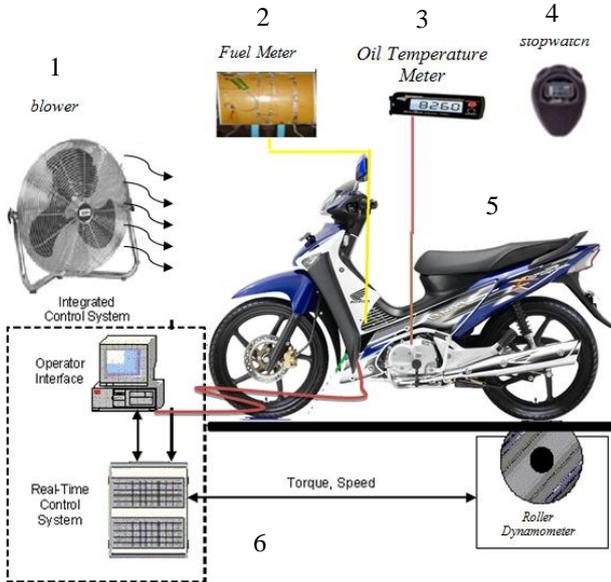
Variabel Penelitian

- Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: Perubahan sudut LSA *camshaft* dari standarnya.
- Variabel Terikat dalam penelitian ini adalah: Torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, dan tekanan efektif rata-rata.
- Variabel Kontrol dalam penelitian ini adalah: Kendaraan Honda Supra X 125 tahun 2008 dengan variasi putaran mesin 3000 rpm sampai 9000 rpm, dengan *range* putaran 500 rpm. Temperatur oli mesin saat pengujian 60°C (temperatur kerja mesin). Celah katup in 0,10 mm dan katup ex 0,16 mm. Celah busi dalam kondisi standart (0,6–0,7 mm) yaitu NGK CPR6EA-9. Temperatur udara sekitar $25\text{--}35^\circ\text{C}$. Kelembaban udara (*humidity*) 60%.

Obyek Penelitian

Yang menjadi objek penelitian ini adalah mesin sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2008 yang masih standar sesuai spesifikasinya dan poros *camshaft* yang sudah diubah sudut LSA yang akan dibandingkan dengan poros *camshaft* standar.

Instrumen Penelitian

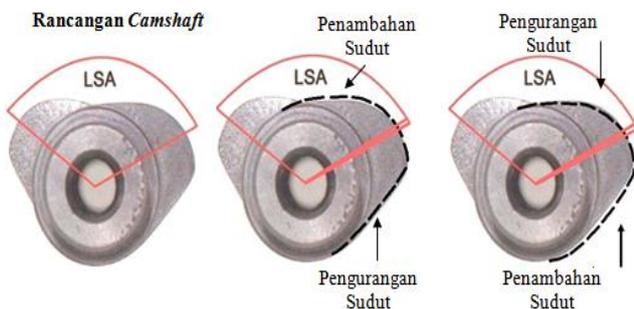


Gambar 2. Instrumen Penelitian

Keterangan:

1. Blower
2. Fuel meter
3. Oil temperture meter
4. Stopwatch
5. Bahan uji sepeda motor
6. Inertia chasis dynamometer

Rancangan bahan



a. Gambar LSA= 104° b. Gambar LSA= 102° c. Gambar LSA= 103°

Gambar 3. Rancangan *Camshaft*

Prosedur Penelitian

• **Persiapan pengujian**

- Melakukan *tune up* pada sepeda motor yang akan diuji.
- Melepas *cover* samping sepeda motor.

- Menaikkan sepeda motor ke atas *chassis dynamometer*.
- Mengencangkan tali pengikat *body* sepeda motor.
- Menyiapkan peralatan pendukung, yaitu: sensor putaran mesin, *chasis dynamometer*, *data acquisition*, *rpm counter*, *oil temperature meter*, *fuel meter*, *stopwatch*, dan *blower*.
- Menghidupkan *software inersia chasis dynamometer (sport dyno 33)*.
- Tekan *switch data acquisition* untuk mengisi spesifikasi kendaraan (*merk* sepeda motor dan volume silinder) pada *software inersia chasis dynamometer (sport dyno 33)*.
- Memilih faktor koreksi (ISO 1585, SAE J1349, DIN 70020, atau JIS D1001).
- Memasukkan data *ambient temperature* dan *humidity*.
- Memilih *range* putaran mesin untuk pengujian (500 rpm).

• **Pengujian**

- Menyalakan *blower* (kipas).
- Menghidupkan mesin kendaraan sampai temperatur oli mesin mencapai 60°-70°C atau sesuai rekomendasi manufaktur dan sistem asesori dalam kondisi mati.
- Memposisikan gigi transmisi netral dengan putaran *idle* 1400 ± 100 rpm.
- Memasukkan gigi transmisi pada posisi 4 (*top gear*).
- Menaikkan putaran mesin hingga putaran 3000 rpm sampai roda belakang berputar.
- Menekan tombol *switch* untuk merekam data.
- Melakukan akselerasi hingga didapatkan putaran mesin maksimum (9000 rpm).
- Menekan tombol *switch* untuk mengakhiri data.
- Menurunkan putaran mesin hingga putaran *idle*.
- Menyimpan data dan mencetak data hasil pengujian.
- Memposisikan transmisi pada posisi netral.
- Melakukan percobaan 1-3 untuk kelompok standard dan kelompok eksperimen.
- Pengujian dan pengambilan data dilakukan minimal 3 kali untuk masing-masing kondisi agar didapatkan hasil yang valid.

• **Akhir pengujian**

- Menurunkan putaran *engine* secara perlahan sampai *idle*.
- Mematikan *engine*.
- Mematikan *blower*.
-

HASIL DAN PEMBAHASAN

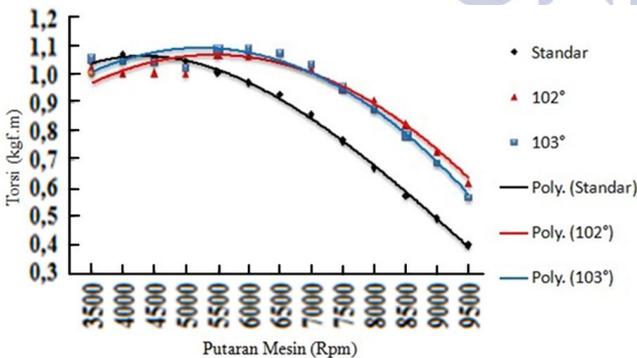
Analisis dan Pembahasan Torsi

Secara umum, torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 28,30% dan 23,02% dari standar 104° dikarenakan *overlapping* katup pada *camshaft* yang dipersempit semakin besar sehingga pada putaran menengah ke atas efisiensi volumetrik semakin meningkat, sedangkan pada putaran bawah torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami penurunan rata-rata -5,37% dan -2,20% dari standar 104° dikarenakan efisiensi volumetrik pada *camshaft* standar sudah meningkat dan *camshaft* modifikasi 102° dan 103° baru akan mengalami peningkatan.

Tabel 1. Perubahan Torsi

Putaran (rpm)	Torsi (kgf.m)			Persentase Perubahan (Δ%)	
	Standar 104°	102°	103°	102°	103°
3500	1.04	1.02	1.06	-1.92	1.92
4000	1.07	1.01	1.04	-5.61	-2.80
4500	1.06	1.01	1.04	-4.72	-1.89
5000	1.04	1.00	1.02	-3.85	-1.92
5500	1.01	1.06	1.09	4.95	7.92
6000	0.97	1.07	1.09	10.31	12.37
6500	0.93	1.07	1.07	15.05	15.05
7000	0.86	1.02	1.03	18.60	19.77
7500	0.77	0.95	0.95	23.38	23.38
8000	0.67	0.91	0.88	35.82	31.34
8500	0.57	0.83	0.79	45.61	38.60
9000	0.50	0.73	0.69	46.00	38.00
9500	0.40	0.62	0.57	55.00	42.50
RATA-RATA PENINGKATAN				28.30	23.02
RATA-RATA PENURUNAN				-5.37	-2.20

Dari data pada Tabel 1, apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap torsi

Berdasarkan Gambar 4, grafik torsi cenderung mengalami peningkatan pada rentang putaran 3500 rpm sampai titik optimal 6000 rpm. Hal ini disebabkan karena

overlapping katup pada *camshaft* dengan LSA yang dipersempit semakin besar maka efisiensi volumetrik semakin meningkat pula. Peningkatan efisiensi volumetrik ini mengakibatkan bahan bakar yang dikompresikan lebih banyak, sehingga ledakan yang terjadi pada saat pembakaran lebih besar. Ledakan tersebut menghasilkan gaya dorong yang besar pada kepala piston. Gaya dorong inilah yang mengakibatkan torsi menjadi meningkat.

Pada rentang 6500 rpm sampai 9500 rpm, grafik torsi cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena putaran mesin semakin tinggi sehingga gesekan pada dinding silinder semakin besar, proses pembakaran pun menjadi tidak sempurna dan piston tidak memiliki cukup waktu untuk mengisi volume ruang bakar secara penuh. Bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mulai berkurang sehingga tekanan kompresi menurun, torsi yang dihasilkan semakin kecil pula.

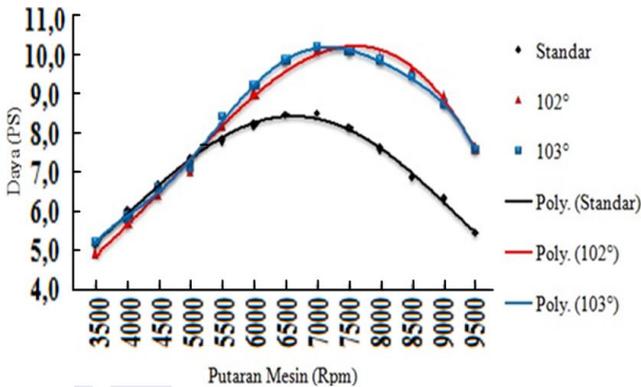
Analisis dan Pembahasan Daya Efektif

Secara umum, daya efektif yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 25,24% dan 22,52% dari standar 104° dikarenakan torsi pada *camshaft* dengan LSA yang dipersempit semakin meningkat, sedangkan pada putaran bawah daya efektif yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami penurunan rata-rata -4,17% dan -1,90% dari standar 104° dikarenakan torsi pada *camshaft* standar sudah meningkat dan torsi pada *camshaft* modifikasi 102° dan 103° baru akan mengalami peningkatan.

Tabel 2. Perubahan Daya Efektif

Putaran (rpm)	Daya Efektif (PS)			Persentase Perubahan (Δ%)	
	Standar 104°	102°	103°	102°	103°
3500	5.14	4.97	5.20	-3.31	1.17
4000	6.02	5.68	5.88	-5.65	-2.33
4500	6.66	6.39	6.59	-4.05	-1.05
5000	7.33	7.06	7.16	-3.68	-2.32
5500	7.81	8.21	8.42	5.12	7.81
6000	8.21	9.02	9.19	9.87	11.94
6500	8.45	9.83	9.83	16.33	16.33
7000	8.48	10.07	10.17	18.75	19.93
7500	8.11	10.07	10.07	24.17	24.17
8000	7.60	9.94	9.83	30.79	29.34
8500	6.86	9.60	9.43	39.94	37.46
9000	6.32	8.96	8.72	41.77	37.97
9500	5.44	7.64	7.57	40.44	39.15
RATA-RATA PENINGKATAN				25.24	22.52
RATA-RATA PENURUNAN				-4.17	-1.90

Dari data pada Tabel 2, apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap daya

Berdasarkan Gambar 5, grafik daya efektif cenderung mengalami peningkatan pada rentang putaran 3500 rpm sampai titik optimal 7000 rpm. Hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan juga meningkat.

Pada putaran 7500 rpm sampai 9500 rpm, grafik daya efektif mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi torsi mengalami penurunan dan torak tidak mempunyai waktu yang cukup untuk menghisap campuran udara dan bahan bakar, sehingga volume bahan bakar yang dihisap semakin berkurang dan tekanan kompresi menurun. Hal itu menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Akibatnya daya efektif yang dihasilkan juga menurun.

Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggunaan sudut LSA *camshaft* yang dimodifikasi dapat meningkatkan daya efektif mesin Honda Supra X tahun 2008 dari pada menggunakan LSA *camshaft* standar (104°). Daya efektif optimal yang paling tinggi dihasilkan pada modifikasi 103° yaitu sebesar 10,17 PS pada 7000 rpm.

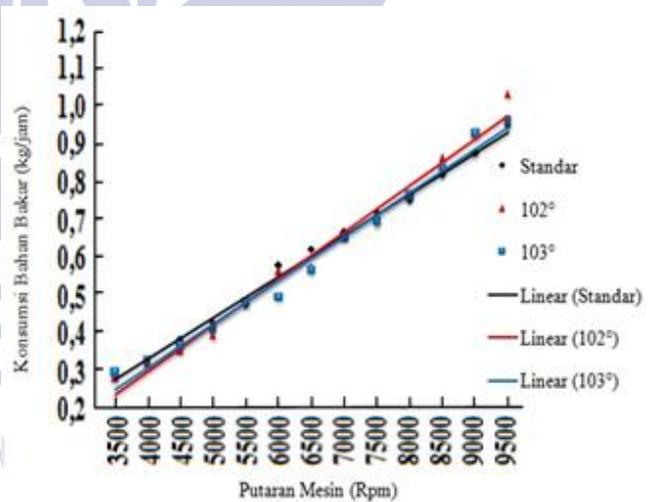
Analisis dan Pembahasan Konsumsi Bahan Bakar (*f_c*)

Secara umum, konsumsi bahan bakar yang digunakan yang oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 4,48% dan 2,90% dari standar 104° dikarenakan *overlapping* katup pada *camshaft* yang dipersempit semakin besar sehingga pada putaran menengah ke atas efisiensi volumetrik semakin meningkat sehingga bahan bakar yang digunakan juga ikut meningkat, sedangkan pada putaran bawah torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami penurunan rata-rata -5,31% dan -6,67% dari standar 104° dikarenakan efisiensi volumetrik pada *camshaft* standar sudah meningkat dan *camshaft* modifikasi 102° dan 103° baru akan mengalami peningkatan sehingga konsumsi bahan bakar yang digunakan masih sedikit.

Tabel 3. Perubahan Konsumsi Bahan Bakar (*f_c*)

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)			Persentase Perubahan ($\Delta\%$)	
	Standar 104°	102°	103°	102°	103°
3500	0.29	0.28	0.29	-3.45	0.00
4000	0.31	0.32	0.33	3.23	6.45
4500	0.38	0.35	0.36	-7.89	-5.26
5000	0.42	0.39	0.41	-7.14	-2.38
5500	0.47	0.48	0.48	2.13	2.13
6000	0.58	0.56	0.49	-3.45	-15.52
6500	0.62	0.57	0.56	-8.06	-9.68
7000	0.67	0.65	0.65	-2.99	-2.99
7500	0.72	0.69	0.69	-4.17	-4.17
8000	0.75	0.76	0.76	1.33	1.33
8500	0.82	0.86	0.84	4.88	2.44
9000	0.87	0.93	0.93	6.90	6.90
9500	0.95	1.03	0.96	8.42	1.05
RATA-RATA PENINGKATAN				4.48	2.90
RATA-RATA PENURUNAN				-5.31	-6.67

Dari data pada Tabel 3, apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap *f_c*

Berdasarkan Gambar 6, grafik konsumsi bahan bakar cenderung mengalami peningkatan pada rentang putaran 3500 rpm sampai 7000 rpm. Hal ini disebabkan putaran mesin mulai meningkat sehingga efisiensi volumetrik juga meningkat, konsumsi bahan bakar juga meningkat.

Pada putaran 7500 rpm sampai 9500 rpm, grafik konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan tajam. Hal ini disebabkan karena putaran mesin sangat tinggi

menyebabkan konsumsi bahan bakar menjadi sangat banyak.

Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggunaan sudut LSA *camshaft* yang dipersempit (102° dan 103°) dapat menurunkan konsumsi bahan bakar mesin Honda Supra X tahun 2008 daripada menggunakan LSA *camshaft* standar (104°). Dari kedua sudut LSA *camshaft* yang dipersempit konsumsi bahan bakar optimal yang paling tinggi dihasilkan dari sudut LSA 102° yaitu sebesar $0,28 \text{ kg/jam}$ pada 3500 rpm .

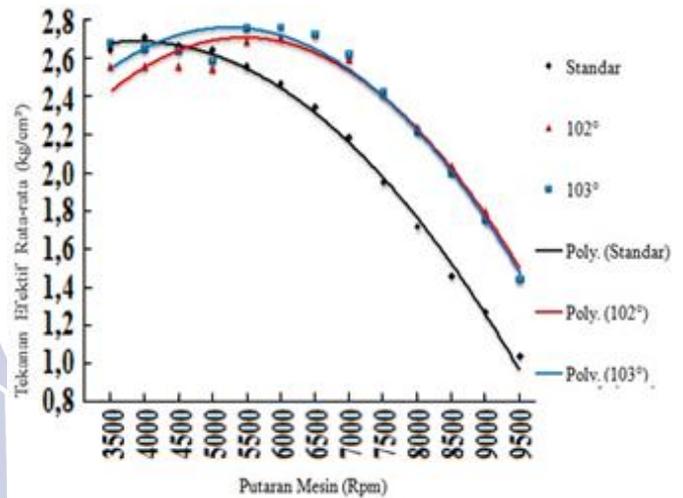
Analisis dan Pembahasan Tekanan Efektif Rata-rata

Secara umum, tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata $25,36\%$ dan $22,58\%$ dari standar 104° dikarenakan *overlapping* katup pada *camshaft* yang dipersempit semakin besar sehingga pada putaran menengah ke atas efisiensi volumetrik semakin meningkat, pemasukan campuran udara dan bahan bakar semakin banyak pula menghasilkan ledakan yang semakin besar, sedangkan pada putaran bawah tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami penurunan rata-rata $-4,12\%$ dan $-1,87\%$ dari standar 104° dikarenakan efisiensi volumetrik pada *camshaft* standar sudah meningkat dan *camshaft* modifikasi 102° dan 103° baru akan mengalami peningkatan.

Tabel 4. Perubahan Tekanan Efektif Rata-rata
($P_{\text{rata-rata}}$)

Putaran (rpm)	Tekanan Efektif Rata-rata (kg/cm^2)			Persentase Perubahan ($\Delta\%$)	
	Standar 104°	102°	103°	102°	103°
3500	2.64	2.56	2.68	-3.03	1.52
4000	2.71	2.56	2.65	-5.54	-2.21
4500	2.67	2.56	2.64	-4.12	-1.12
5000	2.64	2.54	2.58	-3.79	-2.27
5500	2.56	2.69	2.75	5.08	7.42
6000	2.46	2.71	2.76	10.16	12.20
6500	2.34	2.72	2.72	16.24	16.24
7000	2.18	2.59	2.62	18.81	20.18
7500	1.95	2.42	2.42	24.10	24.10
8000	1.71	2.24	2.21	30.99	29.24
8500	1.45	2.03	2.00	40.00	37.93
9000	1.26	1.79	1.74	42.06	38.10
9500	1.03	1.45	1.43	40.78	38.83
RATA-RATA PENINGKATAN				25.36	22.58
RATA-RATA PENURUNAN				-4.12	-1.87

Dari data pada Tabel 4, apabila dibentuk dalam grafik akan tampak seperti pada gambar 6



Gambar 7. Grafik hubungan antara putaran mesin dengan tekanan efektif rata-rata

Berdasarkan Gambar 7, grafik tekanan efektif rata-rata cenderung mengalami peningkatan pada rentang putaran 3500 rpm sampai titik optimal 6000 rpm . Hal ini disebabkan karena *overlapping* katup semakin besar menjadikan efisiensi volumetrik meningkat sehingga ledakan pembakaran yang dihasilkan meningkat pula mengakibatkan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan mesin meningkat.

Pada putaran 6500 rpm sampai 9500 rpm , grafik tekanan efektif rata-rata mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi efisiensi volumetrik mengalami penurunan karena torak tidak mempunyai waktu yang cukup untuk menghisap campuran udara dan bahan bakar, sehingga volume bahan bakar yang dihisap semakin berkurang. Dengan berkurangnya campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar mengakibatkan tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan menjadi lebih kecil.

Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa penggunaan sudut LSA *camshaft* yang dipersempit (102° dan 103°) dapat meningkatkan tekanan efektif rata-rata mesin Honda Supra X tahun 2008 dari pada menggunakan LSA *camshaft* standar (104°). Dari kedua sudut LSA *camshaft* yang dipersempit, tekanan efektif rata-rata optimal yang paling tinggi dihasilkan dari sudut LSA 103° yaitu sebesar $2,76 \text{ kg/cm}^2$ pada putaran 6000 rpm .

PENUTUP Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pengaruh variasi LSA *camshaft* yang dipersempit dari standar 104° menjadi 103° dan 102° menghasilkan unjuk kerja mesin yang semakin meningkat pada rpm menengah ke atas.
 - Torsi yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 28,30% dan 23,02% dari standar 104°.
 - Daya efektif yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 25,24% dan 22,52% dari standar 104°.
 - Konsumsi bahan bakar yang digunakan yang oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 4,48% dan 2,90% dari standar 104°.
 - Tekanan efektif rata-rata yang dihasilkan oleh *camshaft* modifikasi 102° dan 103° mengalami peningkatan rata-rata 25,36% dan 22,58% dari standar 104°.

Saran

Dari serangkaian pengujian, perhitungan dan analisa data serta pengambilan simpulan yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- *Camshaft* dengan LSA yang dipersempit yaitu 103° dan 102° baik digunakan untuk kendaraan jenis touring.
- Dalam penelitian selanjutnya diharapkan untuk meneliti tentang LSA modifikasi 105° dan 106°.
- Diharapkan ada penelitian selanjutnya dengan membahas tentang emisi dari LSA standar 104°, modifikasi 103° dan 102°.
- Penelitian ini menggunakan sepeda motor dengan metode variasi LSA pada *camshaft*, sehingga diharapkan ada penelitian lanjutan dengan memodifikasi mesin yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Bagian-bagian *Camshaft*, (Online), <http://opiqhidayah.blogspot.com/2011/03/cara-menghitung-durasi-camshaftkem>, diakses pada 13 November 2013.
- Anonim. *Camshaft*, (Online), <http://id.wikipedia.org/wiki/Camshaft>, diakses pada 17 November 2013.
- Anonim. *Lobe Separation Angle*, (Online), <http://etonblue.blogspot.com/2010/05/pengertian-lsa-lobe-sparation-angle>, diakses pada 13 November 2013.
- Anonim. *Rocker Arm*, (Online), <http://otoexplore.blogspot.com/2011/05/dasar-mesin>, diakses pada 17 November 2013.

Anonim. *Valve Overlap*, (Online), <http://www.youtube.com/watch?v=kZ6ep4Wt3JA>, diakses pada 2 Desember 2013.

Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, Inc.

Maleev, V. L. 1986. *Internal Combustion Engine Second Edition*. New York McGraw – Hill Book Company, Inc.

Robert, Bosch Gmbh. 2001. *Gasoline Engine Management Basics and Component*. Jerman: Stuttgart.

Siswanto, Yoyok Drajat. 2012. *Pengaruh Variasi Lobe Separation Angle Camshaft dan Variasi Putaran Mesin Terhadap Daya Pada Sepeda Motor Honda Supra X 125 Tahun 2008*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta: Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan FKIP Universitas Negeri Sebelas Maret.

Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta. Rineka Cipta.

Susilo, Arif. 2013. *Pengaruh Besar LSA (Lobe Separation Angle) Pada Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor 4 Langkah*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Toyota Astra Motor. (1995). *New Step I Training Manual*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.