

STUDI UNJUK KERJA HONDA SUPRA X 125 R DENGAN VARIASI LSA DAN BUKAAN KATUP

Wildan Aditya Afandi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: wildan.22147@mhs.unesa.ac.id

A. Grummy Wailanduw

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: grummywailanduw@unesa.ac.id

Abstrak

Sepeda motor merupakan transportasi yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia sehingga kebutuhan masyarakat akan bahan bakar sepeda motor meningkat. Dibutuhkan studi lanjutan untuk menurunkan konsumsi bahan bakar serta meningkatkan performa sepeda motor agar penggunaan bahan bakar lebih efektif dan efisien. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang menggunakan alat uji *Chassis Dynamometer* untuk menguji mesin sepeda motor Honda Supra X 125 R. Pengujian performa meliputi torsi dan daya mesin menggunakan standar pengujian SNI 7552. Pengujian konsumsi bahan bakar menggunakan pedoman standar pengujian SNI 06-3763-1995. Kedua pengujian dilakukan pada putaran mesin 3.500 rpm hingga 8.500 rpm berkelipatan 1.000 rpm. Hasil dari penelitian ini diperoleh *LSA* standar bukaan katup standar menghasilkan torsi mesin lebih rendah, daya mesin yang bermula sama serta konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup standar. *LSA* standar bukaan katup maju 4°, 5°, 6° menghasilkan torsi mesin lebih tinggi, daya mesin lebih tinggi serta konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°, 5°, 6°. *LSA* standar bukaan katup mundur 4°, 5°, 6° menghasilkan torsi mesin lebih tinggi, daya mesin lebih rendah serta konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup mundur 4°, 5°, 6°. *LSA* 103° bukaan katup mundur 6° menghasilkan performa terbaik dengan nilai rata-rata torsi sebesar 8,20 Nm serta nilai rata-rata daya mesin sebesar 4,94 KW. *LSA* standar bukaan katup mundur 6° menghasilkan konsumsi bahan bakar paling efisien dengan nilai rata-rata 61,19 km/l.

Kata Kunci: Konsumsi bahan bakar, Performa, *LSA*, Buka Tutup Katup

Abstract

*Motorcycles are a very important transportation for the Indonesian people so that the community's need for motorcycle fuel is increasing. Further studies are needed to reduce fuel consumption and improve motorcycle performance so that fuel use is more effective and efficient. This research is an experimental study using a Chassis Dynamometer to test the engine of a Honda Supra X 125 R. Performance testing included engine torque and power using the SNI 7552:2010. Fuel consumption testing used the SNI 06-3763-1995. Both tests were conducted at engine speeds ranging from 3,500 rpm to 8,500 rpm in multiples of 1,000 rpm. The results of this study obtained standard *LSA* standard valve opening produces lower engine torque, the same engine power and more wasteful fuel consumption compared to *LSA* 103° standard valve opening. *LSA* standard valve opening advance 4°, 5°, 6° produces higher engine torque, higher engine power and more efficient fuel consumption compared to *LSA* 103° valve opening advance 4°, 5°, 6°. *LSA* standard valve opening retard 4°, 5°, 6° produces higher engine torque, lower engine power and more efficient fuel consumption compared to *LSA* 103° valve opening retard 4°, 5°, 6°. *LSA* 103° valve opening retard 6° produces the best performance with an average torque value of 8.20 Nm and an average engine power value of 4.94 KW. The standard *LSA* 6° retard valve opening produces the most efficient fuel consumption with an average value of 61.19 km/l.*

Keyword: Fuel Consumption, Performance, *LSA*, Valve Opening and Closing

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah kendaraan sepeda motor yang beroperasi di Indonesia akan meningkatkan konsumsi bahan bakar nasional. Peningkatan jumlah konsumsi bahan bakar minyak nasional dapat diketahui dari data konsumsi bahan bakar nasional dari tahun 2018 hingga semester I tahun 2024 berdasarkan statistik minyak dan gas bumi semester I 2024. Menurut Dirjen Migas (2024) konsumsi bahan bakar minyak kategori bensin RON 90 pada tahun 2018 mencapai 17.706.790 kiloliter, tahun 2019 sebesar 19.410.819 kiloliter, tahun 2020 menurun di angka 18.143.189 kiloliter, tahun 2021 sebesar 23.297.401 kiloliter, tahun 2022 sebesar 29.684.964 kiloliter, tahun 2023 sebesar 30.223.847 kiloliter, sedangkan pada tahun

2024 di semester I telah mencapai 15.034.098 kiloliter. Dari data tersebut menunjukkan tren kenaikan konsumsi bahan bakar minyak nasional kategori bensin RON 90 setiap tahunnya.

Arif & Muliatna (2013) meneliti Suzuki Shogun 110 dengan variasi *LSA* 105° (standar), 95°, 100°, 110°, dan 115° menunjukkan bahwa pengujian menggunakan *camshaft* dengan *LSA* 105° (standar), 95°, 100°, 110°, dan 115° mempengaruhi unjuk kerja mesin. Torsi rata-rata dihasilkan *camshaft* dengan *LSA* 105° yaitu sebesar 0,663 kgf.m, *LSA* 95° sebesar 0,651 kgf.m dan *LSA* 100° sebesar 0,646 kgf.m. Daya rata-rata dihasilkan *camshaft* dengan *LSA* 105° yaitu sebesar 5,14 PS, *LSA* 95° sebesar 5,11 PS dan *LSA* 100° sebesar 5,00 PS. Konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata dihasilkan *camshaft* dengan *LSA* 105°

yaitu sebesar 0,119 kg/PS.jam, *LSA* 95° sebesar 0,115 kg/PS.jam dan *LSA* 100° sebesar 0,110 kg/PS.jam.

Menurut penelitian Wijanata & Muhaji (2014) dengan alat uji Honda Supra X tahun 2008 menunjukkan bahwa penggunaan *LSA* 103° lebih baik dibandingkan dengan sudut *LSA* standar maupun *LSA* 102°. Hal tersebut dibuktikan dengan Torsi rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,9477 kgf.m pada putaran mesin 3.500 rpm hingga limiter pada 9.500 rpm, dibandingkan *LSA* standar yang memperoleh torsi rata-rata 0,8377 kgf.m dan *LSA* 102° memperoleh torsi rata-rata sebesar 0,9462 kgf.m. Sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan dengan modifikasi *LSA* 103° adalah 8,31 PS pada rentang putaran mesin 3.500-9.500 rpm. *LSA* standar memperoleh daya motor rata-rata 7,11 PS pada putaran mesin 3.500-9.500 rpm dan *LSA* 102° memperoleh daya rata-rata 8,26 PS. Selain itu, konsumsi bahan bakar rata-rata *LSA* 103° lebih unggul dengan nilai 0,59615 kg/jam pada rentang putaran mesin 3.500-9.500 rpm dibandingkan *LSA* standar yang memperoleh angka konsumsi bahan bakar sebesar 0,60384 kg/jam serta *LSA* 102° dengan angka 0,60538 kg/jam.

Penelitian Werdhani (2015) dengan alat uji sepeda motor Suzuki Satria FU menunjukkan bahwa buka tutup katup standar menghasilkan daya maksimal sebesar 16,4 HP pada 7.324 rpm dan torsi maksimal sebesar 16,79 Nm pada 6.693 rpm di atas alat uji Chassis Dynamometer. Memundurkan buka tutup katup sebesar 5° menghasilkan daya puncak sebesar 16,7 HP pada 7.318 rpm dan torsi maksimal sebesar 17 Nm pada 6.658 rpm. Memundurkan buka tutup katup sebesar 10° menghasilkan daya maksimal sebesar 16,6 HP pada 7.236 rpm dan torsi maksimal 16,87 Nm pada 6.577 rpm. Memajukan buka tutup katup sebesar 5° menghasilkan daya maksimal sebesar 16,6 HP pada 7.298 rpm dan torsi maksimal motor sebesar 16,81 Nm pada 6.693 rpm. Sedangkan memajukan buka tutup katup sebesar 10° menghasilkan daya maksimal motor sebesar 16,2 HP pada 7.271 rpm dan torsi maksimal sebesar 16,37 pada 6.603 rpm. Selain itu konsumsi bahan bakar buka tutup katup yang dimundurkan 5° 5% lebih efisien dibandingkan standar pada putaran di atas 6.500 rpm. Memajukan buka tutup katup sebesar 5° menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih boros dari buka tutup katup standar pada semua rentang putaran mesin.

Berdasarkan pemaparan data di atas, dibutuhkan solusi alternatif agar konsumsi bahan bakar nasional dapat ditekan lebih rendah. Salah satu solusi yang bisa ditawarkan adalah melakukan modifikasi komponen mesin sepeda motor di area *Camshaft*. *Camshaft* merupakan komponen yang mengatur kapan campuran bahan bakar dan udara masuk dan kapan gas hasil pembakaran akan keluar dengan cara mendorong katup hisap maupun katup buang secara langsung atau melalui perantara lengkap penonjok. *Camshaft* ini berperan penting dalam menghasilkan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar pada mesin pembakaran dalam.

Penelitian ini ditujukan untuk membandingkan unjuk kerja mesin yang meliputi torsi mesin, daya mesin dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan *LSA* standar dan 103° yang dikombinasikan dengan angka buka tutup katup standar, maju 4°, 5°, 6° dan mundur 4°, 5° dan 6° pada

sepeda motor Honda Supra X 125 R tahun 2010 menggunakan alat uji *Chassis Dynamometer*. Diharapkan dengan mengubah *LSA* dan angka buka tutup katup dapat meningkatkan torsi mesin, daya mesin serta menurunkan konsumsi bahan bakar.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan menganalisis pengaruh penggunaan variasi *LSA* dan angka buka tutup katup terhadap torsi, daya serta konsumsi bahan bakar pada mesin sepeda motor Honda Supra X 125 R Tahun 2010. Terdapat tiga kelompok sampel pada penelitian ini, kelompok pertama yaitu kelompok *LSA* standar dan 103° bukaan katup standar, kelompok sampel yang kedua adalah *LSA* standar dan 103° bukan katup yang dimajukan dari standarnya sebesar 4°, 5° dan 6° serta kelompok *LSA* standar dan 103° bukan katup yang dimundurkan dari standarnya sebesar 4°, 5° dan 6°.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian torsi mesin, daya mesin dan konsumsi bahan bakar dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Universitas Negeri. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 11 Agustus 2025 hingga 11 September 2025.

Objek Penelitian

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah sepeda motor Honda Supra X 125 R tahun 2010 dengan *LSA* dan bukaan katup yang bervariasi.



Gambar 1. Supra X 125 R

Bahan Penelitian



Gambar 2. Adjustable Camshaft Lobe



Gambar 3. Adjustable Camshaft Sprocket

Rangkaian Penelitian



Gambar 4. Rangkaian Penelitian

Keterangan:

1. Chassis Dynamometer
2. Objek Penelitian
3. Komputer
4. Stopwatch
5. Fuel Flow Meter
6. Blower

Instrumen Penelitian

1. Chassis Dynamometer

Tabel 1. Spesifikasi Chassis Dynamometer

Merek	Rextor Pro-Dyno
Tegangan	220 V 50/60 Hz
Rentang Operasi	6.000 RPM dengan 150 gigi
Kemampuan	15 KHz
Tipe Sensor	Digital Pick-Up
Tipe Input	Logical Level

2. Komputer

Tabel 2. Spesifikasi Komputer

Sistem Operasi	Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2
Layar	LCD IPS 14" Full HD (1920 x 1080)
Prosesor	Intel Pentium 4 CPU 2,8 GHz
RAM	248 MB

3. Stopwatch

Tabel 3. Spesifikasi Stopwatch

Merek	Realme C55
Layar	LCD IPS 6,72"
Pembacaan	0,01 detik
Material	Plastik
Berat	189,5 g
Dimensi	165,6 x 75,9 x 7,89 mm

4. Fuel Flow Meter

Tabel 4. Spesifikasi Fuel Flow Meter

Merek	Pyrex
Volume	50 ml
Pembacaan	0,1 ml
Toleransi	0,05 ml
Material	Kaca Bening
Kran	Plastik Teflon

5. Blower

Tabel 5. Spesifikasi Blower

Merek	Moswell
Material	Plat Besi
Warna	Jingga
Dimensi	45 x 37 x 33 cm
Kecepatan Putar	2800 Rpm
Daya	370 Watt (220 v - 50 Hz)

6. Termometer



Gambar 5. Termometer

Tabel 6. Spesifikasi Termometer

Merek	Benetech GM320
Jangkauan Suhu	-50°C ~380°C
Akurasi	1,5%
Panjang Gelombang	8-14 meter
Baterai	2 x 1,5 v AAA
Material Bodи	Plastik ABS

7. Dial Indicator



Gambar 6. Dial indicator

Tabel 7. Spesifikasi Dial Indicator

Merek	Insize 2308-10A
Jenis	Analog
Jangkauan maksimal	10 mm
Jangkauan/putaran	1 mm
Pembacaan	0,01 mm
Akurasi	17 µm

8. Dial Indicator Mount



Gambar 7. Flexible Dial Indicator Mount

Tabel 8. Spesifikasi *Flexible Dial Indicator Mount*

Merek	Tidak Bermerek
Jenis	<i>Flexible Stand Dial Indicator</i>
Material	Aluminum Alloy
Warna	Merah
Ukuran Drat	M5 x 0,8 mm
Dimensi	160 x 40 mm

**Gambar 8.** *Fixed Dial Indicator Mount***Tabel 9.** Spesifikasi *Fixed Dial Indicator Mount*

Merek	Tidak Bermerek
Jenis	Stand Dial Indicator
Material	Besi
Warna	Abu Tua
Ukuran Drat	M 14 x 1,25 mm
Ukuran kepala baut	17 mm

9. Busur Derajat

**Gambar 9.** Busur Derajat**Tabel 10.** Spesifikasi Busur Derajat

Merek	Oe-Crith Racing Shop
Material	Aluminium
Warna	Abu Muda
Ukuran Lubang Baut	14 & 17 mm
Diameter	200 mm
Pembacaan	1° tiap garis

10. Adaptor Busur Derajat

**Gambar 10.** Adaptor Busur Derajat**Tabel 11.** Spesifikasi Adaptor Busur Derajat

Merek	Oe-Crith Racing Shop
Material	Besi
Warna	Abu Tua
Ukuran Lubang Baut	14 & 17 mm
Ukuran Kunci	19 mm

11. Jarum Penunjuk

**Gambar 11.** Jarum Penunjuk**Tabel 12.** Spesifikasi Jarum Penunjuk

Merek	Oe-Crith Racing Shop
Material	<i>Stainless Steel</i>
Warna	Abu Perak
Ukuran Drat Baut	M6 x 1,0 mm
Diameter	6 mm

Variabel Penelitian**Variabel Bebas**

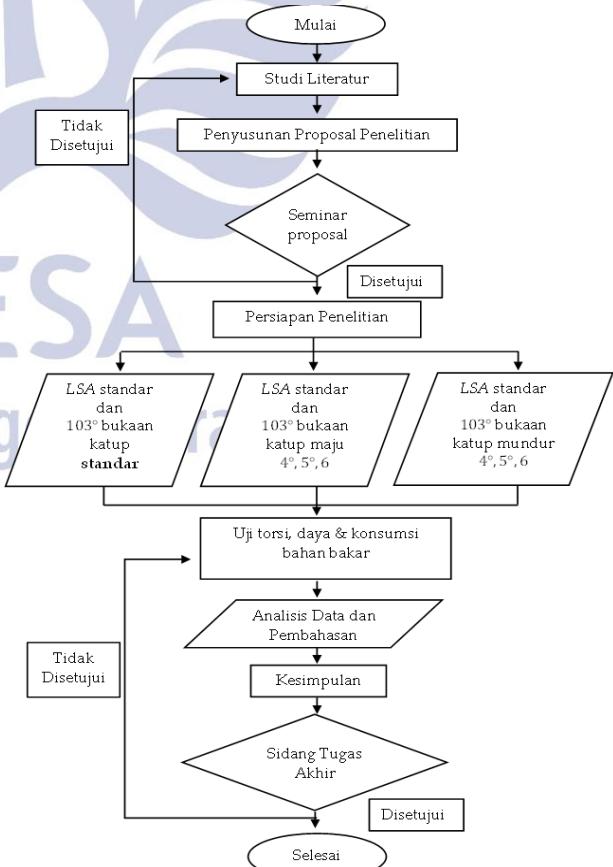
- LSA standar bukaan katup standar.
- LSA standar dengan bukaan katup yang dimajukan sebesar 4°, 5° dan 6°.
- LSA standar dengan bukaan katup yang dimundurkan sebesar 4°, 5° dan 6°.
- LSA 103° dan angka bukaan katup standar (*Split*).
- LSA 103° dengan bukaan katup yang dimajukan sebesar 4°, 5° dan 6°.
- LSA 103° dengan bukaan katup yang dimundurkan sebesar 4°, 5° dan 6°.

Variabel Terikat

- Torsi Mesin
- Daya Mesin
- Konsumsi Bahan Bakar

Variabel Kontrol

- Sepeda Motor Honda Supra X 125 R Tahun 2010 dengan kondisi motor dalam keadaan standar terkecuali lebar LSA dan angka bukaan katup hisap dan buang.
- Pengujian kinerja mesin dilakukan pada putaran mesin 3500 hingga 8500 rpm dengan interval 1000 rpm.
- Volume bahan bakar yang digunakan dalam sekali pengujian pada tiap rpm sebanyak 10 ml.
- Suhu kerja mesin saat dilakukan penelitian dikontrol pada rentang 80 – 85°C.
- Suhu ruangan diasumsikan bernilai 30°C.
- Bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah pertamina pertalite dengan RON 90.

Alir Penelitian**Gambar 12.** Diagram Alir Penelitian

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Persiapan pengujian torsi, daya dan konsumsi bahan bakar:

1. Melakukan *tune up* pada sepeda motor yang akan diujii agar mendekati kondisi standar pabrik.
 2. Mempersiapkan peralatan pendukung meliputi *Dialing Tools*, *Chasis Dynamometer*, *Tie Down*, *Console Cable*, *Laptop*, *Digital Tachometer*, *Blower*, *Stopwatch*, dan *Fuel Flow Meter*.
 3. Membuka tutup bak magnet dan busi.
 4. Memposisikan piston pada titik mati atas.
 5. Memasang *Dial Indicator Mount* pada lubang busi.
 6. Memasang *Dial Indicator* pada *Dial Indicator Mount*.
 7. Melepas mur magnet dan memasang adaptor busur derajat pada drat kruk as.
 8. Memasang busur derajat pada adaptor busur derajat.
 9. Memasang pointer busur derajat di area bak magnet.
 10. Mencari titik mati atas piston saat katup hisap dan buang tertutup dengan bantuan busur drajet dan *Dial Indicator* yang telah terpasang.
 11. Melepas tutup setelan Katup dan melepas *Dial Indicator Mount* yang terpasang di lubang busi.
 12. Memasang *Dial Indicator* beserta *Flexible Dial Indicator Mount* secara tegak lurus terhadap *Retainer Valve*.
 13. Melakukan *dialing* buka tutup katup masuk dan katup buang serta *LSA* yang akan digunakan berdasarkan sampel penelitian yang telah ditentukan sebelumnya.
 14. Melepas peralatan *Dialing* dan memasang kembali suku cadang mesin.
 15. Mengisi tanki bahan bakar dengan bahan bakar pertalite.
- Pengujian torsi dan daya mesin pada penelitian ini merujuk standar SNI 7552:2010 adalah sebagai berikut:
1. Menaikkan sepeda motor ke atas *Chasis Dynamometer*.
 2. Mengencangkan *Tie Down* pada suspensi depan sepeda motor.
 3. Memasang *Console Cable* yang terhubung dengan *Digital Tachometer* ke kabel busi sepeda motor.
 4. Mengatur mode pada digital tachometer untuk kendaraan 4 langkah karburator.
 5. Menyalakan *Personal Computer*.
 6. Membuka aplikasi *sport device Chasis Dynamometer*.
 7. Menyalakan mesin.
 8. Mengkalibrasi putaran *roller* dengan putaran mesin.
 9. Menjaga tekanan angin roda belakang pada 30-32 psi.
 10. Menjaga suhu mesin pada 80°C – 85°C.
 11. Menyalakan *Blower*.
 12. Memasukkan gigi rasio keempat.
 13. Menjaga putaran mesin pada ± 3000 rpm.
 14. Menekan tombol saklar penghubung *Chasis Dynamometer* dengan perangkat lunak agar data dapat terkam.
 15. Melakukan akselerasi dengan membuka penuh gas hingga putaran mesin 8500 rpm.
 16. Menekan tombol saklar penghubung, kemudian menutup gas.
 17. Menyimpan data pengujian di komputer.
 18. Menguji dan mengambil data dilakukan minimal tiga kali agar hasil yang diperoleh valid.

Pengujian konsumsi bahan bakar pada penelitian ini mengikuti standar pengujian SNI 06-3763-1995 adalah sebagai berikut:

1. Menaikkan sepeda motor ke atas *Chasis Dynamometer*.
2. Mengencangkan *Tie Down* pada suspensi depan sepeda motor.
3. Memasang *Console Cable* yang terhubung dengan *Digital Tachometer* ke kabel koil sepeda motor.
4. Memasang selang bahan bakar ke *Fuel Flow Meter*.
5. Membuka kran *Fuel Flow Meter* lalu mengisi bahan bakar.
6. Menyalakan mesin.
7. Mengatur mode pada *digital tachometer* untuk kendaraan 4 langkah karburator.
8. Menjaga tekanan angin roda belakang pada 30-32 psi.
9. Menjaga suhu mesin pada temperatur 80 – 85°C.
10. Menyalakan *Blower*.
11. Mengatur bukaan gas konstan pada 3500 rpm, 4500 rpm, 5500 rpm, 6500 rpm, 7500 rpm dan 8500 rpm dengan toleransi perbedaan putaran mesin saat pengujian sebesar ± 100 rpm menggunakan gigi rasio keempat.
12. Mengisi ulang bahan bakar ke dalam *Fuel Flow Meter* hingga batas maksimal volume.
13. Memulai penghitungan durasi waktu mesin beroperasi pada tiap putaran mesin yang telah ditentukan untuk menghabiskan 10 ml bahan bakar menggunakan *Stopwatch*.
14. Mematikan mesin setelah waktu pengukuran konsumsi bahan bakar tercatat.
15. Mencatat konsumsi bahan bakar yang telah digunakan pada lembar pencatatan dan format pencatatan pada laptop.
16. Menguji dan mengambil data dilakukan minimal tiga kali agar hasil yang diperoleh valid.
17. Melakukan proses pada poin h hingga poin o dengan perbedaan variasi sampel penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data diperoleh dari eksperimen pengujian kinerja mesin terhadap objek yang akan diteliti di atas mesin *Chassis Dynamometer* kemudian mencatat data performa mesin meliputi torsi roda, daya roda serta konsumsi bahan bakar dari masing-masing sampel variasi *LSA* dan variasi buka tutup katup ke dalam tabel hasil pengujian yang dilakukan sebanyak tiga kali. Selanjutnya, data hasil pengujian tersebut akan dikonversi ke dalam torsi mesin, daya mesin serta konsumsi bahan bakar yang tercantum pada tabel 13, 14 dan 15.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan deskriptif kuantitatif. Deskriptif kuantitatif dibutuhkan untuk menganalisis data kuantitatif dari rata-rata torsi mesin, daya mesin dan konsumsi bahan bakar. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam grafik perbandingan sampel penelitian. Selanjutnya grafik tersebut dideskripsikan dalam bentuk kenaikan atau penurunan torsi mesin, daya mesin dan konsumsi bahan bakar.

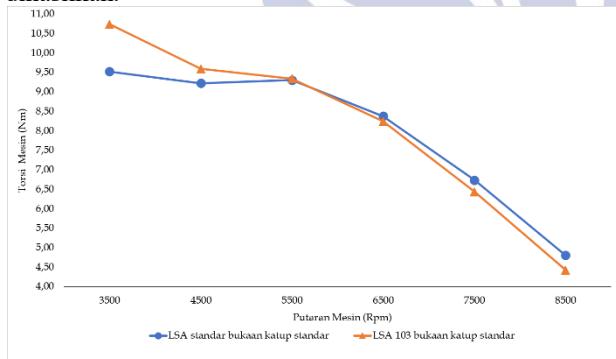
HASIL DAN PEMBAHASAN

Torsi Mesin

Tabel 13. Hasil Perhitungan Torsi Mesin

No.	Sampel	Torsi Mesin (Nm)								
		3500 rpm	4500 rpm	5500 rpm	6500 rpm	7500 rpm	8500 rpm	Rata-rata	Rata-rata perkelompok	
1.	LSA standar bukaan katup standar	9,52	9,22	9,31	8,38	6,74	4,80	8,00	8,00	
	LSA 103° bukaan katup standar	10,74	9,59	9,34	8,24	6,44	4,43	8,13	8,13	
2.	LSA Standar bukaan katup maju	4°	9,79	9,36	9,21	8,11	6,33	4,44	7,87	7,99
		5°	9,99	9,45	9,41	8,26	6,47	4,55	8,02	
		6°	10,47	9,47	9,32	8,20	6,53	4,49	8,08	
	LSA 103° bukaan katup maju	4°	9,24	9,30	9,19	8,18	6,36	4,32	7,76	7,76
		5°	9,15	9,19	9,09	8,07	6,37	4,40	7,71	
		6°	9,72	9,41	9,18	8,02	6,32	4,24	7,82	
3.	LSA Standar bukaan katup mundur	4°	10,03	9,17	9,25	8,34	6,85	4,93	8,10	8,04
		5°	9,83	9,12	9,15	8,20	6,68	4,82	7,96	
		6°	9,42	9,00	9,23	8,40	7,04	5,19	8,05	
	LSA 103° bukaan katup mundur	4°	9,43	9,05	9,21	8,31	6,40	4,86	7,88	8,01
		5°	9,05	9,17	9,21	8,34	6,94	5,07	7,96	
		6°	9,47	9,32	9,34	8,59	7,15	5,33	8,20	

Gambar 13,14 dan 15 menunjukkan kecenderungan penurunan torsi mesin seiring meningkatnya putaran mesin, mayoritas sampel menunjukkan torsi mesin puncak pada putaran 3.500 rpm, setelah melewati putaran mesin 5.500 rpm torsi mesin yang dihasilkan menurun drastis dan pada putaran mesin 8.500 rpm torsi paling rendah dihasilkan.



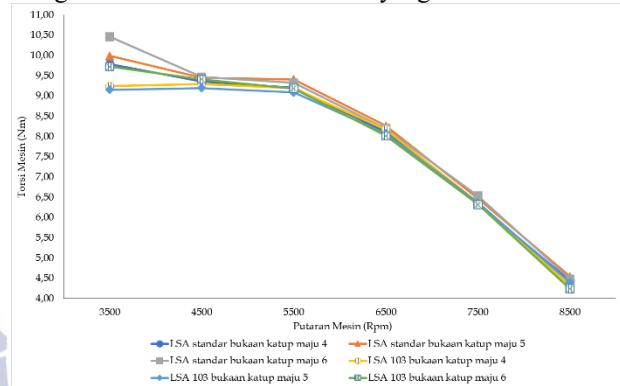
Gambar 13. Torsi LSA Standar & 103° Bukaan Katup Standar

Berdasarkan tabel 13 dan gambar 13 torsi mesin LSA standar bukaan katup standar yang lebih rendah dibandingkan LSA 103° bukaan katup standar pada putaran mesin di 3.500 rpm hingga 5.500 rpm. Hal ini menurut Bell (2006) disebabkan oleh penggunaan LSA yang lebih besar akan memperlambat katup hisap menutup mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang terdorong kembali ke lubang hisap lebih banyak ketika langkah kompresi berlangsung.

Pada putaran 6.500 rpm hingga 8.500 rpm LSA standar bukaan katup standar menghasilkan torsi mesin lebih tinggi dibandingkan LSA 103° bukaan katup standar. Hal ini terjadi karena pada putaran tinggi bukaan katup semakin tidak akurat sehingga membutuhkan katup hisap yang lebih lambat menutup untuk menyediakan waktu lebih lama campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder yang akan meningkatkan efisiensi.

Kelompok sampel ini menunjukkan bahwa LSA 103° bukaan katup standar menghasilkan rata-rata torsi mesin yang lebih tinggi dengan nilai 8,13 Nm dibandingkan LSA

standar bukaan katup standar dengan nilai 8,00 Nm, sehingga diperoleh perbedaan torsi mesin sebesar $8,13 - 8,00 = 0,13$ Nm. Hal ini sejalan dengan penelitian Wijanata & Muhaji (2014) yang menyatakan penggunaan LSA 103° menghasilkan rata-rata torsi mesin yang lebih besar.



Gambar 14. Torsi LSA Standar & 103° Bukaan Katup Maju

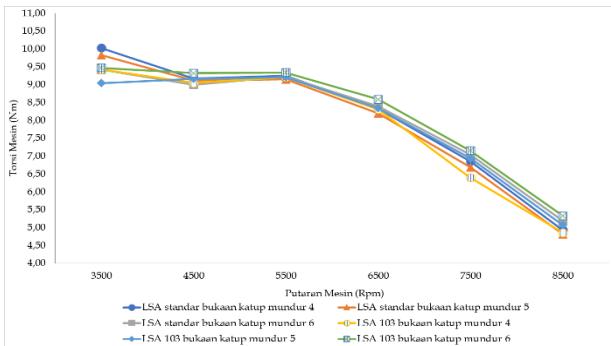
Berdasarkan tabel 13 dan gambar 14, LSA Standar bukaan katup maju 4°, 5°, 6° menghasilkan torsi mesin yang lebih tinggi dibandingkan LSA 103° bukaan katup maju 4° pada putaran 3.500 rpm hingga 5.500 rpm. Hal ini disebabkan oleh katup hisap yang membuka lebih lambat akan mengurangi potensi gas sisa pembakaran masuk ke dalam lubang hisap saat piston menuju TMA ketika langkah buang akan berakhir.

LSA standar bukaan katup maju 4° di putaran 6.500 rpm hingga 7.500 rpm menghasilkan torsi mesin yang lebih rendah dibandingkan LSA 103° bukaan katup maju 4°. Hal ini disebabkan oleh katup buang yang menutup lebih cepat memberikan waktu pembilasan gas sisa pembakaran yang lebih singkat sehingga volume gas sisa pembakaran yang masih berada di dalam silinder lebih banyak dibandingkan penggunaan LSA 103° bukaan katup maju 4°.

Torsi mesin LSA standar bukaan katup maju 4° lebih tinggi dibandingkan LSA 103° bukaan katup maju 4° pada putaran 8.500 rpm. Hal ini diasumsikan terjadi karena gesekan antara ban dengan roller menyebabkan peningkatan suhu ban sehingga tekanan ban melewati batas maksimal pengujian.

LSA Standar bukaan katup maju 5° dan 6° menghasilkan torsi mesin yang lebih tinggi dibandingkan LSA 103° bukaan katup maju 5° dan 6° pada putaran 6.500 rpm hingga 8.500 rpm, hal ini terjadi karena saat putaran meninggi, bukaan katup semakin tidak akurat sehingga membutuhkan katup hisap yang menutup lebih lama agar volume aktual campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder lebih banyak.

Berdasarkan nilai rata-rata dari torsi mesin perkelompok sampel, penggunaan LSA Standar bukaan katup maju 4°, 5°, 6° menghasilkan torsi mesin yang lebih tinggi dengan nilai 7,99 Nm dibandingkan LSA 103° bukaan katup maju 4°, 5°, 6° dengan nilai 7,76 Nm, sehingga diperoleh perbedaan nilai torsi mesin sebesar $7,99 - 7,76 = 0,23$ Nm. Sampel yang menghasilkan rata-rata torsi mesin terbaik pada kelompok sampel bukaan katup maju adalah sampel LSA standar bukaan katup maju 6° dengan nilai 8,08 Nm.



Gambar 15. Torsi LSA Standar & 103° Bukaan Katup Mundur

Berdasarkan tabel 13 dan gambar 15 di atas, LSA Standar Bukaan Katup Mundur 4° menghasilkan torsi mesin yang lebih baik di semua rentang putaran mesin dibandingkan LSA 103° Bukaan Katup Mundur 4°. Penyebab dari kenaikan torsi ini menurut Bell (2006) adalah karena pada penggunaan LSA yang lebih lebar akan mempercepat katup buang membuka sehingga akan membutuhkan lebih sedikit tenaga mesin yang digunakan untuk mendorong gas sisa pembakaran saat piston menuju TMA ketika langkah buang mulai terjadi.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 5° menghasilkan torsi mesin yang lebih tinggi dibandingkan LSA 103° Bukaan Katup Mundur 5° pada putaran mesin 3.500 rpm. hal yang menyebabkan ini terjadi adalah pada penggunaan LSA yang lebih lebar berarti akan memperlambat katup hisap terbuka sehingga pada putaran rendah akan mengurangi gas sisa pembakaran masuk ke dalam lubang hisap saat piston menuju TMA ketika langkah buang akan berakhir yang kemudian akan mengurangi kontaminasi gas sisa pembakaran yang masuk ke dalam silinder saat langkah hisap mulai terjadi.

Pada putaran 4.500 rpm hingga 8.500 rpm LSA Standar Bukaan Katup Mundur 5° menghasilkan torsi mesin yang lebih rendah dibandingkan LSA 103° Bukaan Katup Mundur 5°. Hal ini terjadi karena saat putaran mesin rendah hingga menengah katup hisap yang menutup lebih lambat akan menambah dorongan balik campuran udara dan bahan bakar segar kembali ke lubang hisap saat piston menuju TMA ketika langkah kompresi sehingga menyebabkan rasio kompresi dinamis semakin. Sedangkan saat putaran tinggi, katup hisap yang terbuka lebih lambat serta katup buang yang menutup lebih cepat akan mempersingkat waktu untuk campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder serta mempersingkat waktu untuk proses pembilasan gas sisa pembakaran keluar sehingga akan menyebabkan efisiensi volumetrik lebih rendah.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 6° menghasilkan torsi mesin yang lebih rendah dibandingkan LSA 103° Bukaan Katup Mundur 6° pada seluruh putaran mesin, hal ini terjadi karena pada penggunaan LSA yang lebih lebar akan memperlambat katup hisap menutup sehingga efek negatif yang dihasilkan adalah dorongan balik campuran udara dan bahan bakar segar yang kembali ke lubang hisapan ketika di awal langkah kompresi semakin.

Hasil akhir dari torsi mesin pada kelompok sampel ini menunjukkan bahwa LSA standar bukaan katup Mundur 4°, 5° & 6° menghasilkan rata-rata torsi mesin yang lebih

tinggi dengan nilai 8,04 Nm dibandingkan LSA 103° bukaan katup Mundur 4°, 5° & 6° dengan nilai 8,01 Nm, sehingga perbedaan torsi mesin yang dihasilkan sebesar $8,04 - 8,01 = 0,03$ Nm. Sampel yang menghasilkan rata-rata torsi mesin terbaik pada kelompok sampel bukaan katup mundur adalah sampel LSA 103° bukaan katup mundur 6° dengan nilai 8,20 Nm.

Berdasarkan pemaparan di atas dapat diketahui bahwa sampel yang menghasilkan rata-rata torsi mesin terbaik diperoleh pada sampel LSA 103° bukaan katup mundur 6° dengan nilai 8,20 Nm.

Daya Mesin

Tabel 14. Hasil Perhitungan Daya Mesin

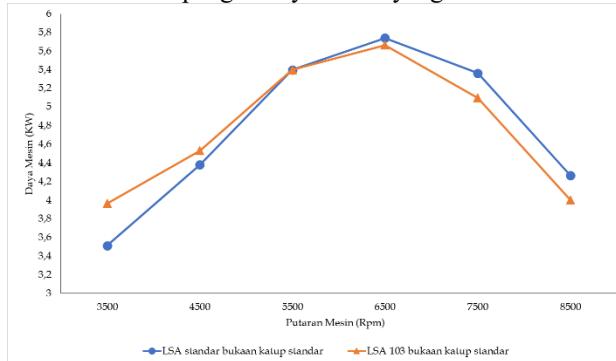
No.	Sampel	Daya Mesin (KW)							Rata-rata perke-lompok
		3500 rpm	4500 rpm	5500 rpm	6500 rpm	7500 rpm	8500 rpm	Rata-rata	
1.	LSA standar bukaan katup standar	3,51	4,38	5,40	5,74	5,36	4,27	4,78	4,78
	LSA 103° bukaan katup standar	3,97	4,53	5,40	5,67	5,10	4,00	4,78	4,78
2.	LSA Standar bukaan katup maju	4°	3,55	4,42	5,36	5,59	5,02	3,97	4,65
		5°	3,70	4,49	5,48	5,67	5,14	4,12	4,76
		6°	3,81	4,49	5,44	5,63	5,17	4,04	4,76
3.	LSA 103° bukaan katup maju	4°	3,40	4,38	5,33	5,63	5,02	3,89	4,61
		5°	3,36	4,38	5,25	5,51	5,02	3,93	4,58
		6°	3,55	4,46	5,33	5,51	5,02	3,81	4,61
4.	LSA Standar bukaan katup mundur	4°	3,66	4,31	5,36	5,74	5,44	4,46	4,83
		5°	3,63	4,34	5,29	5,59	5,33	4,34	4,75
		6°	3,47	4,27	5,36	5,74	5,55	4,65	4,84
5.	LSA 103° bukaan katup mundur	4°	3,47	4,31	5,29	5,70	5,44	4,49	4,78
		5°	3,32	4,34	5,36	5,70	5,51	4,57	4,80
		6°	3,51	4,46	5,40	5,85	5,63	4,80	4,94

Gambar 16, 17 dan 18 menunjukkan kecenderungan peningkatan daya mesin hingga putaran 6.500 rpm, setelah melewati putaran mesin tersebut daya mesin mengalami penurunan hingga putaran 8.500 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa daya mesin paling tinggi berada pada putaran 6.500 rpm. Hal ini menurut Maksum (2012) serta Warju (2009) terjadi karena faktor pengali daya yakni torsi dan putaran mesin pada putaran 6.500 memiliki nilai yang besar, selain itu pada putaran tersebut daya gesek yang dihasilkan mesin masih belum mencapai nilai maksimal sehingga daya yang dihasilkan merupakan daya paling tinggi dibandingkan putaran lain.

Berdasarkan tabel 14 dan gambar 16, daya mesin LSA standar bukaan katup standar lebih rendah dibandingkan LSA 103° bukaan katup standar (*split*) pada putaran mesin di 3.500 rpm hingga 4.500 rpm. Hal ini menurut Bell (2006) disebabkan oleh penggunaan LSA yang lebih besar akan memperlambat katup hisap menutup mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang terdorong kembali ke lubang hisap lebih banyak ketika langkah kompresi berlangsung, sehingga volume aktual campuran udara dan bahan bakar yang berada di dalam silinder menjadi lebih.

Daya mesin yang dihasilkan kedua sampel ini pada putaran 5.500 rpm menunjukkan hasil daya mesin yang sama, hal ini terjadi karena torsi mesin yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang kecil sehingga saat putaran

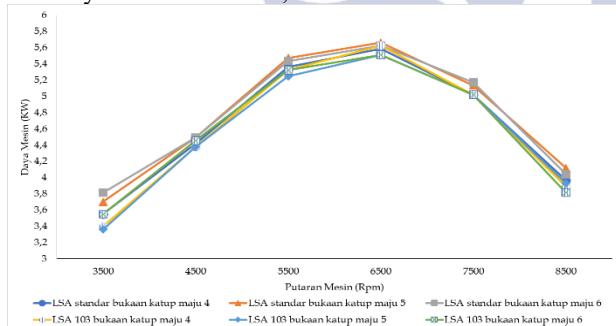
5.500 rpm dapat diasumsikan bahwa *chassis dynamometer* membaca faktor pengali daya mesin yang sama.



Gambar 16. Daya LSA Standar & 103° Bukaan Katup Standar

Pada putaran 6.500 rpm hingga 8.500 rpm *LSA* standar bukaan katup standar menghasilkan daya mesin lebih tinggi dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup standar. Hal ini terjadi karena pada putaran yang lebih tinggi bukaan katup semakin tidak akurat sehingga membutuhkan katup hisap yang lebih lambat menutup untuk menyediakan waktu lebih lama campuran udara dan bakar masuk ke dalam silinder yang akan meningkatkan efisiensi volumetrik yang dihasilkan sehingga torsi mesin meningkat yang akan meningkatkan daya mesin pula.

Hasil akhir dari rata-rata daya mesin pada kelompok sampel ini yang menunjukkan bahwa penggunaan variasi *LSA* dengan bukaan katup standar tidak menunjukkan adanya perbedaan, namun hanya akan menggeser daya mesin yang dihasilkan ke putaran yang berbeda dengan nilai daya mesin sebesar 4,78 KW.



Gambar 17. Daya LSA Standar & 103° Bukaan Katup

Berdasarkan tabel 14 dan gambar 17, *LSA* Standar bukaan katup maju 4°, 5°, 6° menghasilkan daya mesin yang lebih tinggi dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°, 5°, 6° pada putaran 3.500 rpm hingga 5.500 rpm. Hal ini disebabkan oleh katup hisap yang membuka lebih lambat akan mengurangi potensi gas sisa pembakaran masuk ke dalam lubang hisap saat piston menuju TMA ketika langkah buang akan berakhir.

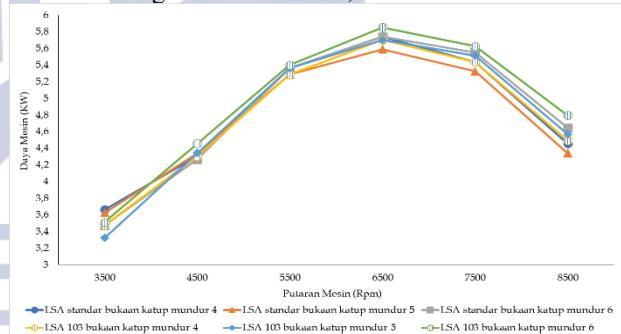
LSA standar bukaan katup maju 4° menghasilkan daya mesin lebih rendah di putaran 6.500 rpm dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°. Hal ini disebabkan oleh katup buang yang menutup lebih cepat memberikan waktu pembilasan gas sisa pembakaran yang lebih singkat sehingga volume gas sisa pembakaran yang masih berada di dalam silinder lebih banyak dibandingkan penggunaan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°.

Daya mesin *LSA* standar bukaan katup maju 4° dan *LSA* 103° bukaan katup maju 4° menghasilkan daya mesin yang sama pada putaran 7.500 rpm. Apabila berpatokan pada hasil torsi mesin yang menyatakan adanya perbedaan torsi mesin pada kedua sampel, nilai daya yang sama ini menunjukkan adanya toleransi perhitungan yang ada pada *chassis dynamometer*.

Daya mesin *LSA* standar bukaan katup maju 4° lebih tinggi dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4° pada putaran 8.500 rpm. Hal ini kemungkinan terjadi karena gesekan antara ban dengan *roller* menyebabkan peningkatan suhu ban sehingga tekanan ban melewati batas maksimal pengujian yang mengakibatkan roda berputar lebih ringan.

Penggunaan *LSA* Standar bukaan katup maju 5° dan 6° menghasilkan daya mesin yang cenderung lebih tinggi dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 5° dan 6° pada putaran 6.500 rpm hingga 8.500 rpm, hal ini terjadi karena saat putaran meninggi, bukaan katup semakin tidak akurat sehingga membutuhkan katup hisap yang menutup lebih lama agar volume aktual campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder lebih banyak.

Berdasarkan nilai rata-rata dari daya mesin, pada kelompok sampel ini penggunaan *LSA* Standar bukaan katup maju 4°, 5°, 6° menghasilkan daya mesin yang lebih tinggi dengan nilai sebesar 4,72 KW dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°, 5°, 6° dengan nilai 4,60 KW, sehingga perbedaan dari kedua kelompok sampel ini adalah $4,72 - 4,60 = 0,12$ KW. Sampel yang menunjukkan nilai rata-rata daya mesin tertinggi pada kelompok sampel bukaan katup maju adalah *LSA* standar bukaan katup maju 5° dan 6° dengan nilai sebesar 4,76 KW.



Gambar 18. Daya LSA Standar & 103° Bukaan Katup Mundur

Berdasarkan tabel 14 dan gambar 18 di atas, *LSA* Standar Bukaan Katup Mundur 4° menghasilkan daya mesin yang cenderung lebih baik di putaran mesin 3.500 rpm hingga 7.500 rpm dibandingkan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 4°. Penyebab dari kenaikan daya pada 3.500 rpm hingga 7.500 rpm tersebut menurut Bell (2006) adalah karena pada penggunaan *LSA* yang lebih lebar akan mempercepat katup buang membuka sehingga akan membutuhkan lebih sedikit tenaga mesin yang digunakan untuk mendorong gas sisa pembakaran saat piston menuju TMA ketika langkah buang mulai terjadi.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 4° menghasilkan daya mesin yang lebih rendah dibandingkan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 4° di putaran 8.500 rpm. Apabila berpatokan pada torsi mesin yang dihasilkan seharusnya

daya pada putaran ini lebih tinggi dibandingkan sampel pembanding, sehingga dapat diasumsikan adanya toleransi pembacaan grafik oleh *chassis dynamometer*.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 5° menghasilkan daya mesin yang lebih tinggi dibandingkan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 5° pada putaran mesin 3.500 rpm. hal yang menyebabkan ini terjadi adalah pada penggunaan *LSA* yang lebih lebar berarti akan memperlambat katup hisap terbuka sehingga pada putaran rendah akan mengurangi gas sisa pembakaran masuk ke dalam lubang hisap saat piston menuju TMA ketika langkah buang akan berakhir.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 5° menghasilkan daya mesin yang sama dengan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 5°. Apabila berpatokan pada torsi mesin yang dihasilkan seharusnya daya pada putaran ini lebih rendah dibandingkan sampel pembanding, sehingga dapat diasumsikan adanya toleransi pembacaan grafik oleh *chassis dynamometer*.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 6° menghasilkan daya mesin yang lebih rendah dibandingkan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 6° pada semua rentang putaran mesin, hal ini terjadi karena pada penggunaan *LSA* yang lebih lebar akan memperlambat katup hisap menutup sehingga efek negatif yang dihasilkan adalah dorongan balik campuran udara dan bahan bakar segar yang kembali ke lubang hisap ketika di awal langkah kompresi semakin meningkat.

LSA Standar Bukaan Katup Mundur 5° dan 6° menghasilkan daya mesin yang lebih rendah dibandingkan *LSA* 103° Bukaan Katup Mundur 5° dan 6° pada putaran 5.500 rpm hingga 8.500 rpm. Hal ini terjadi karena saat putaran mesin tersebut, katup hisap yang terbuka lebih lambat serta katup buang yang menutup lebih cepat akan mempersingkat waktu untuk campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder serta mempersingkat waktu untuk proses pembilasan gas sisa pembakaran keluar.

Hasil akhir dari daya mesin pada kelompok sampel ini menunjukkan bahwa *LSA* standar bukaan katup Mundur 4°, 5° & 6° menghasilkan rata-rata daya mesin perkelompok yang lebih rendah dengan nilai 4,81 KW dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup Mundur 4°, 5° & 6° yang bernilai 4,84 KW. Sampel yang menunjukkan nilai rata-rata daya mesin tertinggi pada kelompok sampel bukaan katup mundur adalah *LSA* 103° bukaan katup mundur 6° dengan nilai 4,94 KW.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa sampel yang menghasilkan rata-rata daya mesin terbaik diperoleh pada sampel *LSA* 103° bukaan katup mundur 6° dengan nilai 4,94 KW.

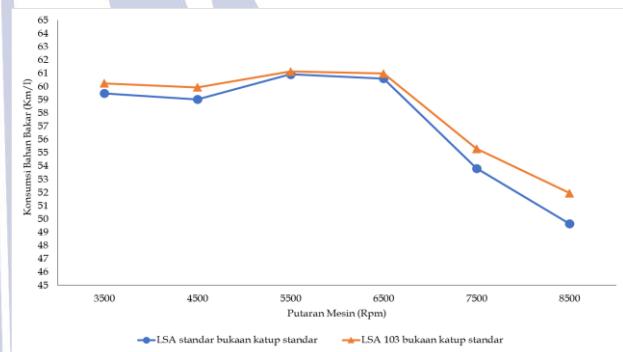
Konsumsi Bahan Bakar

Gambar 19, 20 dan 21 menunjukkan nilai konsumsi bahan bakar paling tinggi pada putaran 5.500 rpm yang berarti pada putaran tersebut menghasilkan konsumsi bahan bakar paling efisien, setelah melewati putaran mesin tersebut konsumsi bahan bakar mengalami penurunan hingga titik terendah pada putaran 8.500 rpm. Hal ini menurut Warju (2009) terjadi karena pada putaran yang semakin tinggi daya gesek yang dihasilkan mesin

meningkat sehingga efisiensi konsumsi bahan bakar akan menurun.

Tabel 15. Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

No.	Sampel	Konsumsi Bahan Bakar (Km/l)							Rata-rata perkelom pok
		3500 rpm	4500 rpm	5500 rpm	6500 rpm	7500 rpm	8500 rpm	Rata-rata	
1.	<i>LSA</i> standar bukaan katup standar	59,49	59,05	60,93	60,62	53,85	49,66	57,27	57,27
	<i>LSA</i> 103° bukaan katup standar	60,26	59,95	61,14	61,00	55,32	51,98	58,27	58,27
2.	<i>LSA</i> Standar bukaan katup maju	4°	60,10	59,95	60,98	60,84	53,39	47,69	57,16
		5°	59,81	59,65	60,83	60,54	53,06	47,60	56,91
		6°	59,51	59,36	60,68	60,24	52,81	47,13	56,62
	<i>LSA</i> 103° bukaan katup maju	4°	59,95	59,95	60,83	60,39	53,30	47,60	57,00
		5°	59,80	59,65	60,68	60,24	52,81	47,31	56,75
		6°	59,51	59,36	60,53	59,94	51,80	46,66	56,30
3.	<i>LSA</i> Standar bukaan katup mundur	4°	60,56	60,40	62,71	61,93	57,94	52,90	59,41
		5°	60,71	61,16	63,04	62,91	58,22	53,01	59,84
		6°	62,14	62,92	63,37	63,57	59,20	53,99	61,19
	<i>LSA</i> 103° bukaan katup mundur	4°	60,41	60,10	62,39	61,47	57,26	52,55	59,03
		5°	60,71	61,01	62,73	62,57	57,80	52,90	59,62
		6°	61,97	62,77	62,87	63,06	58,63	53,13	60,41



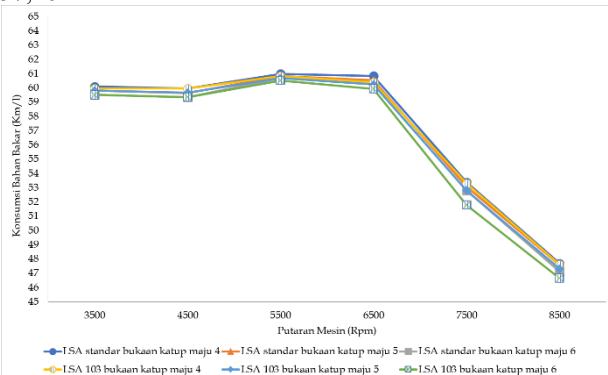
Gambar 19. Konsumsi Bahan Bakar LSA Standar & 103° Bukaan Katup Standar

Berdasarkan tabel 15 dan gambar 19, nilai konsumsi bahan bakar sampel *LSA* standar bukaan katup standar lebih rendah dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup standar (*split*) pada semua rentang putaran mesin, nilai yang lebih rendah mengindikasikan bahwa konsumsi bahan bakarnya lebih boros. Hal ini sejalan dengan penelitian Wijanata & Muhaji (2014) serta Kurniawan dkk. (2021) yang menyatakan bahwa penggunaan *LSA* 103° menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* standar. Hal yang menyebabkan ini terjadi adalah pada penggunaan *LSA* 103° akan sedikit memperlambat katup buang membuka sehingga dapat meningkatkan tekanan ruang bakar saat langkah usaha akan.

LSA standar bukaan katup standar menghasilkan nilai rata-rata konsumsi bahan bakar 57,27 km/l, sedangkan *LSA* 103° bukaan katup standar (*split*) bernilai rata-rata 58,27 km/l. Sehingga perbedaan antar kedua sampel ini sebesar $58,27 - 57,27 = 1$ km/l.

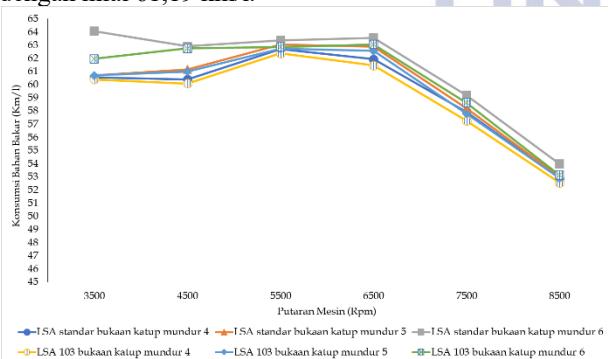
Berdasarkan tabel 15 dan gambar 20, *LSA* standar bukaan katup maju 4°, 5° & 6° cenderung menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien dengan nilai rata-rata sebesar 56,90 km/l dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4°, 5° & 6° yang bernilai 56,68 km/l. Hal ini disebabkan oleh penggunaan *LSA* yang lebih lebar akan memperlambat katup hisap membuka serta mempercepat katup buang menutup akan mengurangi potensi pembilasan berlebih yang dapat menarik campuran udara dan bahan

bakar segar menuju knalpot sehingga bahan bakar yang dimasukkan ke dalam silinder dapat digunakan untuk menggerakkan mesin secara optimal. Rata-rata nilai konsumsi bahan bakar yang digunakan *LSA* standar bukaan katup maju 4° , 5° & 6° lebih besar yang mengindikasikan konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4° , 5° & 6° . Sampel yang menghasilkan rata-rata konsumsi bahan bakar paling efisien pada kelompok sampel bukaan katup maju adalah sampel *LSA* standar bukaan katup maju 4° dengan nilai 57,16 km/l.



Gambar 20. Konsumsi Bahan Bakar *LSA* Standar & 103° Bukaan Katup Maju

Berdasarkan tabel 15 dan gambar 21, penggunaan *LSA* standar bukaan katup mundur 4° , 5° & 6° cenderung menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien dengan rata-rata nilai sebesar 60,15 km/l dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup mundur 4° , 5° & 6° yang bernilai 59,69 km/l. Hal ini disebabkan oleh penggunaan *LSA* yang lebih lebar akan memperlambat katup hisap membuka serta mempercepat katup buang menutup akan mengurangi potensi pembilasan berlebih yang dapat menarik campuran udara dan bahan bakar segar menuju knalpot sehingga bahan bakar yang dimasukkan ke dalam silinder dapat digunakan untuk menggerakkan mesin secara optimal. Sampel yang menghasilkan rata-rata konsumsi bahan bakar paling efisien pada kelompok sampel bukaan katup mundur adalah sampel *LSA* standar bukaan katup mundur 6° dengan nilai 61,19 km/l.



Gambar 21. Konsumsi Bahan Bakar *LSA* Standar & 103° Bukaan Katup Mundur

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa sampel yang menghasilkan rata-rata konsumsi bahan bakar terbaik adalah *LSA* standar bukaan katup mundur 6° dengan nilai 61,19 km/l.

Simpulan

Hasil dari penelitian ini diperoleh *LSA* standar bukaan katup standar menghasilkan torsi mesin lebih rendah, daya mesin yang bernilai sama serta konsumsi bahan bakar yang lebih boros dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup standar. *LSA* standar bukaan katup maju 4° , 5° , 6° menghasilkan torsi mesin lebih tinggi, daya mesin lebih tinggi serta konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup maju 4° , 5° , 6° . *LSA* standar bukaan katup mundur 4° , 5° , 6° menghasilkan torsi mesin lebih tinggi, daya mesin lebih rendah serta konsumsi bahan bakar yang lebih irit dibandingkan *LSA* 103° bukaan katup mundur 4° , 5° , 6° . *LSA* 103° bukaan katup mundur 6° menghasilkan performa terbaik dengan nilai rata-rata torsi sebesar 8,20 Nm serta nilai rata-rata daya mesin sebesar 4,94 KW. *LSA* standar bukaan katup mundur 6° menghasilkan konsumsi bahan bakar paling efisien dengan nilai rata-rata 61,19 km/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, A. G. (2006). Four-Stroke Performance Tuning. Third Edition. Somerset: Haynes Publishing.
- Dirjen Migas. (2024). Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2024. Jakarta: Kementerian ESDM Ditjen Migas.
- Kurniawan, A. H., Saputra, T. J., & Dewi, R. P. (2021). Pengaruh Variasi Lobe Separation Angle pada *Camshaft* Terhadap Unjuk Kerja Mesin pada Motor Bensin 4 Langkah 1 Silinder. Proosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan 2021.
- Maksum, H. (2012). Teknologi Motor Bakar. Padang: UNP Press.
- Susilo, A. & Muliawati, I. M. (2013). Pengaruh Besar *LSA* (*Lobe Separation Angle*) pada *Camshaft* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor 4 Langkah. Jurnal Teknik Mesin. 01 (02), 245–250.
- Warju. (2009). Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor. Surabaya: Unesa University Press.
- Werdhani, A. S. (2015). Studi Eksperimental Komparasi Buka Tutup Katup Buang (Exhaust valve) dan Modifikasinya terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah DOHC 4 Katup. Surabaya: PPs Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wijanata, D. E. & Muhaji. (2014). Pengaruh Variasi Lobe Separation Angle (*LSA*) pada *Camshaft* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Supra X 125 Tahun 2008. Jurnal Teknik Mesin. 03 (01), 206–212.