

Analisis Penggunaan Camshaft Berdurasi Tinggi pada Engine 2P2

Ridwan Adam M. Noor, Fani Aditya

Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Indonesia, Email: adam@upi.edu, ipandpanzull@gmail.com,

Abstract

Research Target that is to know influence camshaft duration to volumetric efficiency at four stroke otto engine 130 cc. Research uses engine 2P2 with two types camshaft high duration and low duration conducted above engine dynamometer. Calculation is conducted after got data of testing result. Base testing and calculatuion can be concluded that engine that use camshaft high duration have efficiency larger ones volumetric until its power bigger.

Keywords : *Camshaft, Duration and power*

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan dunia otomotif sejak motor otto dan *diesel* diciptakan sampai sekarang mengalami kemajuan yang sangat pesat. Otomotif hampir menyentuh segala bidang, mulai dari transportasi, industri, pertanian dan dunia olahraga. Salah satu produk otomotif dalam bidang transportasi adalah sepeda motor. Sepeda motor adalah salah satu kendaraan roda dua yang paling digemari masyarakat Indonesia. Di Indonesia sepeda motor kebanyakan digunakan masyarakat sebagai sarana transportasi yang relatif praktis. Tetapi, pada saat ini banyak kalangan muda bahkan dewasa memodifikasi sepeda motornya untuk kepentingan olahraga di bidang otomotif salah satunya balap motor atau *road race*.

Hal yang haru diperhatikan dalam memodifikasi *engine* untuk *race* terutama dalam hal pestasi *engine*. *Engine* untuk keperluan *race* harus mempunyai daya dan torsi yang besar terutama pada putaran tinggi. Kebanyakan orang beranggapan hanya dengan mengganti atau memperbesar volume langkah bisa menaikkan prestasi *engine* dalam hal ini daya dan torsi dengan tinggi. Tetapi untuk kepentingan *race*,

menaikkan volume langkah saja tidaklah cukup harus di imbangi dengan pemasukan dan pengeluaran gas yang lebih banyak dan tepat.

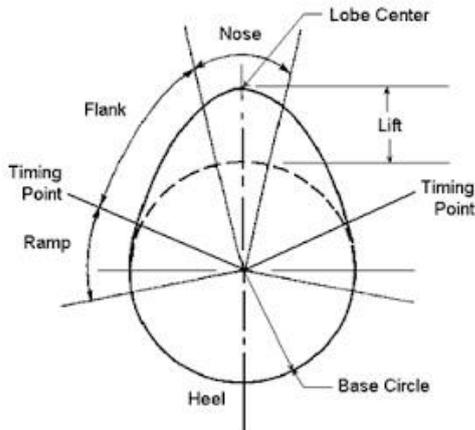
Volume langkah *Engine* besar harus di imbangi dengan pemasukan campuran udara dan bahan bakar yang banyak pula. Kurangnya pemasukan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar, menyebabkan torsi dan daya yang dihasilkannya akan kecil. Sedangkan, *engine* untuk keperluan *race* harus mempunyai torsi dan daya yang jauh lebih besar dibanding dengan *engine* untuk penggunaan sehari-hari.

Salah satu cara yang ditempuh untuk menaikkan prestasi *engine* dalam hal ini daya dan torsi *engine* untuk mengikuti *road race* di kelas MP 7 adalah dengan memodifikasi atau menaikkan durasi *camshaft*. Menaikan durasi *camshaft* selain untuk menaikkan efisiensi volumetris, juga untuk menjaga agar spesifikasi *engine* tidak melanggar regulasi kelas MP 7 yang dikeluarkan oleh Ikatan Motor Indonesia (IMI). Naiknya efisiensi volumetris, diharapkan akan mampu mendukung *engine* yang telah dimodifikasi menjadi 130 cc dan menghasilkan pembakaran yang

lebih besar. Durasi adalah lamanya katup masuk atau buang terbuka. Besar kecilnya durasi pada poros cam akan mempengaruhi jumlah muatan yang masuk ke ruang silinder. Banyak sedikit muatan yang masuk akan mempengaruhi besar kecil daya dan torsi yang dihasilkan.

Camshaft adalah lingkaran batang yang memiliki Nok atau tonjolan pada beberapa sisinya. Tugas dari *camshaft* adalah untuk membuka batang katup pada waktu yang telah ditentukan oleh siklus otto. Pada beberapa jenis kendaraan memiliki penghubung antara batang katup dengan *camshaft* yaitu *rocker arm*. Bentuk dari *camshaft* berbeda-beda pada sebuah sepeda motor semua tergantung dari posisi dan panjang *rocker arm*, volume *cylinder*, berapa tenaga yang ingin dicapai, dan di putaran *engine* berapa akan didapat tenaga maksimalnya.

Camshaft memiliki beberapa bagian, terdiri dari sebagai berikut:



Gambar 1. Bagian-bagian *Camshaft*¹

Keterangan:

- *Base Circle* : bentuk lingkaran pinggang utama *camshaft*
- *Ramp* : dimana lingkaran pada *Base Circle* mulai berubah (terangkat)

- *Timing Point* : titik dimana batang klep mulai terangkat (pengaruh terhadap *clearance* katup)
- *Flang* : menggambarkan bentuk kejutan dimana katup terangkat
- *Nose* : lama penahanan katup terangkat (lamanya katup akan terbuka secara sempurna)
- *Lobe Center* : titik tengah dari *Nose*
- *Lift* : tingginya bubungan/tonjolan yang nantinya akan mengangkat batang katup.
- Kerja utama dari *camshaft* adalah untuk mengontrol waktu terbuka dan tertutup katup. Dimana *lobe intake* dan *lobe exhaust* bekerja secara masing-masing. Jarak pemisah antar kedua *lobe* dinamakan *Lobe Separation*, karena diukur dalam derajat maka disebut *Lobe Separation Angle* atau LSA (Sudut Pemisah Lobe). *Lobe Separation* diukur antara puncak *intake lobe* dengan puncak *exhaust lobe*. Pada dasarnya berada di area separuh dari derajat putaran *crankshaft* antara puncak *exhaust* dengan puncak *intake*. Jika durasi tetap, memperbesar LSA sama dengan memperkecil *Overlap*, sebaliknya menyempitkan LSA memperbesar *Overlap*.
- Beberapa faktor mempengaruhi seberapa banyak *overlapping* yang ideal pada *engine*. Ruang bakar yang kecil biasanya butuh *overlap* yang sedikit, dikarenakan didesain untuk memaksimalkan Torsi di RPM rendah. Kebanyakan mesin balap saat ini bergantung pada putaran mesin tinggi untuk memaksimalkan *gear rasio*, sehingga *overlap* yang banyak membantu. Ketika RPM melonjak, katup in membuka dan menutup semakin cepat. Jumlah udara dan

¹ (<http://mx-lampung.blogspot.com/p/cara-menghitung-durasi-camshaftkem.html>)

bahan bakar yang besar harus dapat dimasukkan ke ruang bakar dalam waktu yang singkat, oleh karenanya meningkatkan durasi *overlap* membantu di proses ini.

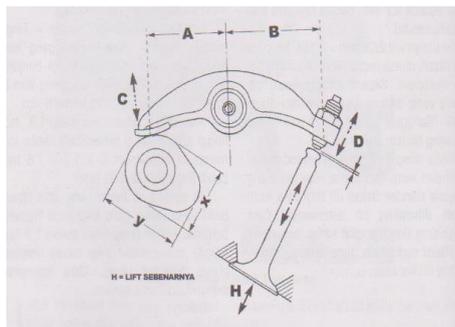
- Berikut adalah tabel indikator perubahan *camshaft* dan effect yang akan dihasilkan:

Tabel 1. Pengaruh Perubahan *Camshaft* Terhadap *Engine*

Perubahan <i>Camshaft</i>	Effect
Menambah LSA	Power meningkat, stasioner lebih lembut
Mengurangi LSA	Meningkatkan torsi menengah, akselerasi cepat
Durasi tinggi	Menggeser rentang tenaga lebih ke RPM atau putaran engine atas.
Durasi rendah	Menambah torsi putaran bawah
Overlapping banyak	Boros konsumsi bahan bakar, rawan terjadinya dorongan balik
Overlapping sedikit	Meningkatkan respon RPM bawah, irit bahan bakar, suhu engine lebih cepat panas.

1. Menentukan dan menghitung lift camshaft

Rumus yang digunakan untuk menentukan lift sebenarnya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Menghitung Lift (korekskubek.motorplus 2010:38)

$$H = C \times \frac{B}{A} - D$$

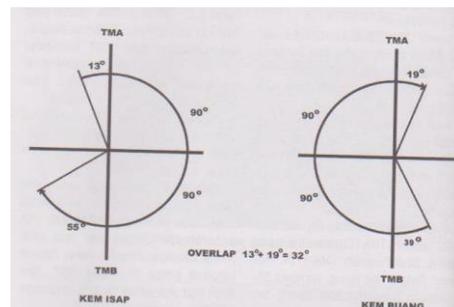
(yamahaMotor.Co.Ltd)

Keterangan:

- H = Tinggi angkatan katup (mm)
- A = Panjang lengan *rocker arm* yang bersentuhan dengan *camshaft* (mm)
- B = Panjang lengan *rocker arm* yang bersentuhan dengan katup (mm)

- C = Tinggi bubungan atau benjolan *camshaft* dikurangi diameter *camshaft* (mm)
- D = Celah katup (mm)

2. Membaca derajat camshaft



Gambar 3. Derajat *Camshaft* Berdasarkan Putaran *Crankshaft* (korekskubek.motorplus 2010:46)

Sekali putaran *crankshaft* sama dengan setengah putran *camshaft*. Jika 180 derajat pada *crankshaft* maka sama dengan 90 derajat pada *camshaft*. Berdasarkan gambar derajat *camshaft* di atas dapat dijelaskan bahwa:

a. Camshaft isap

Katup isap membuka 13° sebelum TMA (Titik Mati Atas) kemudian

baru menutup 55° sesudah TMB (Titik Mati Bawah). Berdasarkan pernyataan gambar tersebut maka durasi camshaft untuk katup isap dapat dihitung yaitu:

$$\begin{aligned} & \text{Pembukaan Awal} + \text{Jarak dari TMA} \\ & \text{ke TMB} + \text{Pembukaan Susulan} = \\ & \text{Durasi} \\ & 13^{\circ} + 180^{\circ} + 55^{\circ} = 248^{\circ} \end{aligned}$$

b. *Camshaft* buang

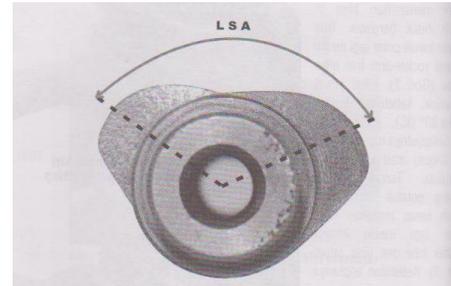
Katup buang membuka 39 derajat sebelum TMB kemudian katup buang akan menutup pada 19 derajat setelah TMA. Maka berdasarkan pernyataan gambar tersebut durasi camshaft untuk katup buang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Pembukaan Awal} + \text{Jarak dari} \\ & \text{TMA ke TMB} + \text{Pembukaan} \\ & \text{Susulan} = \text{Durasi} \end{aligned}$$

$$39^{\circ} + 180^{\circ} + 19^{\circ} = 238^{\circ}$$

Dalam durasi *camshaft* juga ada istilah *overlap* yaitu ketika katup masuk dan katup buang sama-sama membuka. Angkanya bisa didapat dari penjumlahan angka pembukaan awalan katup masuk dan pembukaan susulan katup buang yaitu sebesar $13^{\circ} + 19^{\circ} = 32^{\circ}$

3. Mengukur LSA camshaft



Gambar 4. LSA Sudut Jarak antara Bubungan untuk Katup Masuk dan Katup Buang (korekskubekmotorplus 2010:58)

LSA adalah singkatan dari *Lobe Separation Angle* yaitu sudut jarak antara antara bubungan atau tonjolan *camshaft* isap dan *camshaft* buang. Bubungan atau tonjolan *camshaft* yaitu permukaan tertinggi pada poros *cam*. LSA sama halnya seperti durasi *camshaft* akan mempengaruhi karakter *engine*. Meskipun durasi sama namun LSA berbeda, maka karakter *engine* pun akan berbeda. LSA yang tepat atau bagus berada pada rentang 105° plus-minus 3° jadi berada pada rentang $102^{\circ} - 108^{\circ}$ (korekskubekmotorplus 2010:58).

Rumus untuk menghitung LSA (*Lobe Separation Angle*) adalah sebagai berikut:

$$\text{LSA} = \frac{[(A/2) - B] + [(C/2) - D]}{2}$$

Keterangan:

- A = Durasi katup *in*
- B = Bukaan awalan untuk katup *in* atau membuka sebelum TMA
- C = Durasi katup *ex*
- D = Bukaan susulan katup *ex* atau menutup setelah TMA

Tabel 2. Perbandingan Daya, Torsi dan Waktu

Camshaft durasi 290 ⁰				Camshaft durasi 240 ⁰			
RPM	Daya (Hp)	Torsi (Nm)	Waktu (s)	RPM	Daya (Hp)	Torsi (Nm)	Waktu (s)
1500	1,6	7,61	0,80	1500	4,0	26,24	1,30
2000	4,2	15,68	0,98	2000	6,6	27,34	1,46
2500	7,6	22,45	1,14	2500	7,1	21,74	1,70
3000	10	24,26	1,30	3000	8,0	19,45	1,96
3500	10,9	21,28	1,58	3500	8,8	16,83	2,26
4000	11,1	19,79	1,70	4000	8,9	14,75	2,58
4500	10,9	17,35	1,92	4500	8,1	12,92	2,94
5000	10,7	15,21	2,18	5000	7,7	11,50	3,34
5500	10,3	13,36	2,48	5500	6,5	9,95	3,80

(Sumber: Hasil Pengujian)

Analisis Perhitungan Performance Motor

1. Rumus gas ideal

$$P.v = R.T \quad (\text{Wiranto A, 1994 : 17})$$

Keterangan :

P = Tekanan Gas, Kg/m²

v = Volume Spesifik dari gas, m³/kg

R = Konstanta gas universal, m kg/kg K
= 29,3 m kg/kg K

T = Temperatur absolut, K

Untuk memudahkan dalam menganalisis motor otto empat langkah, maka dapat menggunakan siklus ideal volume konstan. Parameter termodinamika yang perlu diketahui untuk menganalisis ini adalah;

- Tekanan udara luar (P₀) = 1030 kg/m²
- Temperatur udara luar (T₀) = 27°C = 300 K
- Fluida kerja terdiri dari bahan bakar iso oktan normal heptan dan udara

Jadi volume spesifik gas adalah $P.v = R.T$

$$v = \frac{29,3}{10330}$$

$$v = 0,851 \frac{m^3}{kg}$$

$$v = \frac{R.T}{P}$$

Volume spesifik gas adalah 0,851 m³/kg

2. Kapasitas motor

Pada saat langkah isap piston bergerak dari TMA ke TMB terjadi perubahan volume dari kecil menjadi besar, sehingga terjadi kevacuman dan campuran bahan bakar dan udara akan terhisap masuk. Volume fluida yang masuk idealnya adalah sebesar volume langkah atau kapasitas silinder. Biasanya volume langkah motor yang diuji dalam spesifikasi adalah = 128,24 Cc atau 0,00012824 m³

Besarnya volume total adalah

$$V_t = V_l + V_s$$

Dimana:

V_t = Volume total

V_l = Volume langkah

V_s = Volume sisa

Maka volume sisa didapat 13,2 cm³

Sehingga diperoleh harga volume silinder, yaitu:

$$V_t = V_l + V_s$$

$$V_t = 141,44 \text{ Cm}^3$$

$$V_t = 0,00014144 \text{ m}^3$$

3. Jumlah Muatan untuk setiap siklus ideal

$$Bm = \frac{V_l}{v}$$

$$Bm = \frac{0,00014144}{0,851} = 0,000161 \text{ kg}$$

4. Jumlah muatan sesungguhnya tiap siklus

$$B_{ms} = B_m \times \eta_v$$

$$B_{ms} = 0,000161 \times \eta_v$$

5. Jumlah bahan bakar pada suatu muatan tiap siklus

Jumlah bahan bakar ini tergantung dari kondisi kerja motor tersebut, sehingga

jumlah bahan bakar dipengaruhi oleh perbandingan udara dan bahan bakar. Perbandingan udara dan bahan bakar pada setiap kondisi kerja motor dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Campuran bahan bakar untuk berbagai kondisi.
(Sumber: New Step Toyota Astra 1995; 3-15)

Kondisi kerja motor	Perbandingan udara dan bahan bakar
Saat start temperatur 0°C	Kira-kira 1:1
Saat start temperatur 20°C	Kira-kira 5:1
Saat idling	Kira-kira 11:1
Putaran lambat	12-13:1
Akselerasi	Kira-kira 8:1
Putaran maksimum (beban penuh)	12-13:1
Putaran sedang (ekonomi)	16-18:1

Sebagai contoh perhitungan diambil pada saat putaran idling. FAR (*Fuel air ratio*) pada saat putaran idling yaitu 11 : 1, maka:

$$B_{ms} = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v$$

6. Panas yang dihasilkan dari pembakaran

$$\eta_{pemb} = 0,98$$

(Wiranto A, 1994 : 36)

$$N_{pb} = 10580 \text{ kkal/kg}$$

$$Q_m = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v \times \eta_{pemb} \times N_{pb}$$

(Kkal/Siklus)

7. Panas yang dapat dirubah menjadi daya

Tidak semua panas dapat dirubah menjadi daya, karena dalam suatu proses pembakaran motor ada yang dinamakan rendemen thermis, maka perhitungan diatas di kalikan dengan rendemen thermis. Rendemen thermisnya didapat dari :

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{C} \right)^{k-1}$$

C = Perbandingan kompresi motor (10,72 : 1)

k = Komponen adiabat, dapat dicari dari :

Nilai k diperoleh dari persamaan :

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

$$= 1,4$$

Maka

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{10,7} \right)^{1,4-1}$$

$$\eta_{th} = 0,613$$

$$\eta_{th} = 61,3\%$$

Maka panas yang dirubah menjadi daya adalah:

$$Q_m = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v \times \eta_{pemb} \times N_{pb} \times \eta_{th}$$

(Kkal/Siklus)

$$Q_m = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,613 \times \eta_v \times \frac{427}{60 \times 75}$$

$$= N_i, \text{ PS}$$

$$N_e = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,613 \times \eta_v \times \eta_{mek} \times \frac{427}{60 \times 75}$$

, PS

Dimana:

$$\eta_{mek} = 0,80$$

$$1,58 = \frac{0,000161}{11} \times \eta_v \times 0,98 \times 10580 \times 0,613 \times 1500 \times 0,5 \times 0,80 \times \frac{427}{4500}$$

PS

Maka:

$$\eta_v = \frac{1,58 \times 4500 \times 11 \times 2}{0,000161 \times 0,98 \times 0,613 \times 0,8 \times 10580 \times 1500 \times 427}$$

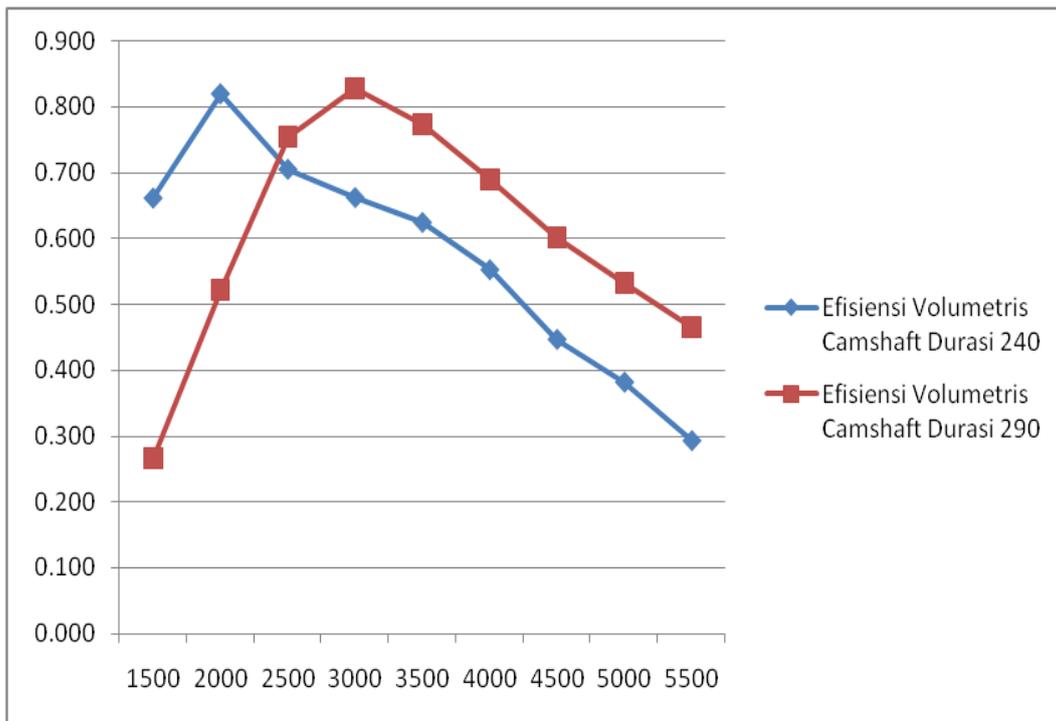
$$\eta_v = 0.265$$

$$\eta_v = 26.5 \%$$

Dengan perhitungan diatas maka di dapat rendemen volumetric pada setiap tingkat putaran dan beban kerja motor seperti pada tabel di bawah:

Tabel 4. Perbandingan Efisiensi Volumetric (Sumber: Hasil Pehitungan)

Durasi 290 ⁰			RPM	Durasi 240 ⁰		
Daya	Torsi	n_v		Daya	Torsi	n_v
1,58	7,61	0,265	1500	3,94	26,24	0,661
4,14	1568	0,521	2000	6,51	27,34	0,819
7,49	22,45	0,754	2500	7,00	21,74	0,705
9,86	24,26	0,827	3000	7,89	19,45	0,662
10,74	22,54	0,772	3500	8,68	16,83	0,624
10,94	19,79	0,688	4000	8,78	14,75	0,552
10,74	17,35	0,600	4500	7,99	12,92	0,447
10,55	15,21	0,531	5000	7,59	11,50	0,382
10,15	13,36	0,464	5500	6,41	9,95	0,293



Jadi, berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat terlihat bahwa durasi *camshaft* dapat mempengaruhi efisiensi volumetric. Seperti terlihat pada tabel perbandingan hasil perhitungan, untuk *camshaft* berdurasi

290⁰ dengan LSA 106,5⁰ dan *lift* katup masuk 8,3 mm katup buang 8,2 mm efisiensi volumetric tertinggi berada di putaran atas tepatnya pada 3000 RPM yaitu sebesar 82,7 % dengan torsi yang

dihasilkannya sebesar 24,26 N.m. Sedangkan, untuk *camshaft* durasi 240° dengan LSA 94° dan *lift* katup masuk 7,7 mm katup buang 7,6 mm efisiensi volumetris tertinggi berada pada putaran bawah yaitu pada 2000 RPM sebesar 81,9 % dengan torsi yang dihasilkan sebesar 27,34 N.m.

B. KESIMPULAN

Penggunaan *camshaft* durasi tinggi dapat meningkatkan efisiensi volumetric pada putaran tinggi karena dengan menggunakan *camshaft* durasi tinggi, waktu katup terbuka akan semakin lama. Waktu terbuka katup lebih lama memungkinkan untuk memasukan campuran udara dan bahan bakar lebih banyak pada putaran tinggi.

C. DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. (1994). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: Penerbit ITB
- Bell, A.G. (1981). *Performance Tuning in Theory & Practice Four Strokes*. England: Haynes Publishing Group.
- C Aong, U. (2010). *Korek Skubek*. Jakarta: PT. Penerbit Media Motorindo
- _____, (1995). *New Step I Training Manual*. PT. Toyota-Astra Motor.
- _____, (2010). Bagian-bagian Camshaft [Online]. Tersedia: <http://mx-lampung.blogspot.com/p/cara-menghitung-durasi-camshaftkem.html>
- _____. Yamaha Technical Academy. YAMAHA MOTOR CO.LTD.