

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Stevansa (2014) melakukan penelitian pada sepeda motor Honda Tiger membandingkan menggunakan *standard camshaft* dengan durasi 260° dimana katup hisap membuka 30° sebelum TMA dan menutup 50° sesudah TMB, katup buang membuka pada 50° sebelum TMB dan menutup 30° setelah TMA, dan *camshaft* ini memiliki angka *lift* katup hisap 6,5 mm, *lift* katup buang 6 mm. *Racing camshaft* memiliki durasi 300° dimana katup hisap membuka 50° sebelum TMA dan menutup 70° sesudah TMB, katup buang membuka 50° sebelum TMA dan menutup 30° sesudah TMA, *lift* katup masuk 7,5 mm dan *lift* katup buang 6 mm. *Racing camshaft* menghasilkan kerja yang lebih baik, yaitu daya dan torsi yang lebih besar serta irit dalam konsumsi bahan bakar daripada *standard camshaft*. Pada *racing camshaft* menghasilkan daya maksimal sebesar 14,77 kW dan torsi maksimal sebesar 19,05 Nm pada putaran 7500 RPM dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,0830534 kg/kWh, sedangkan pada *standard camshaft* menghasilkan daya maksimum sebesar 14,11 kW pada putaran 8000 RPM dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,126552 kg/kWh dan torsi maksimal sebesar 18,72 Nm pada putaran 6500 RPM dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,090752 kg/kWh.

Yoshia (2012) melakukan penelitian pada sepeda motor 4 langkah 100 cc dengan membuat variasi data *lift* pada *camshaft*. Kondisi satu memiliki data *lift intake* 4 mm dan *lift exhaust* 3,95 mm. Kondisi dua memiliki data *lift intake* 4,5 mm dan *lift exhaust* 4,4 mm. Kondisi tiga memiliki data *lift intake* 5 mm dan *lift exhaust* 4,9 mm. Penelitian bertujuan untuk menghasilkan tinggi bukaan katup yang paling efektif, baik dari segi konsumsi bahan bakar, emisi, maupun daya yang dihasilkan. Dari hasil penelitian, penggunaan *camshaft* kondisi satu dimana *camshaft* dengan nilai angka *intake lift* 4 mm dan *exhaust lift* 3,95 mm, efektif digunakan untuk motor bakar pada putaran mesin < 5000 RPM, dengan penurunan kadar CO 42.07%, kenaikan kadar

CO₂ 5.58%, penurunan kadar HC 21.63%, kenaikan kadar O₂ 3.54%, penurunan daya yang kecil yaitu 1.92%, dan penurunan konsumsi bahan bakar 9.95%.

Radityan dkk. (2015) melakukan penelitian pada sepeda motor engine 5 TL dengan membandingkan *standard camshaft* dengan durasi katup masuk 227°, durasi katup buang 229°, *lift valve* 5,5 mm, LSA 97,5°. Kemudian sepeda motor dimodifikasi pada beberapa komponen. *Camshaft* dimodifikasi dengan durasi katup hisap $27^\circ + 180^\circ + 53^\circ = 260^\circ$, durasi katup buang $55^\circ + 180^\circ + 29^\circ = 264^\circ$, *valve lift* 7 mm, LSA 103°. *Rocker arm* diganti menggunakan model *roller*. Diameter katup diperbesar menjadi 28,08 mm untuk katup masuk, dan 23,4 mm untuk katup buang. Setelah dilakukan pengujian, hasil modifikasi menghasilkan penambahan jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk, terdapat peningkatan efisiensi volumetris pada setiap putaran mesin karena dengan menggunakan modifikasi mekanisme katup membuat waktu katup terbuka akan semakin lama serta saluran masuk lebih besar sehingga menggunakan untuk memasukan campuran udara dan bahan bakar yang lebih banyak. Hasilnya efisiensi volumetris maksimum dari mekanisme katup modifikasi adalah 0,487%, sedangkan efisiensi volumetris maksimum dari mekanisme katup standar adalah 0,377%.

Susanto (2011) melakukan modifikasi pada kendaraan Supra X, dimana durasi *camshaft* yang awalnya untuk katup masuk $2^\circ + 180^\circ + 25^\circ = 207^\circ$, durasi katup buang $24^\circ + 180^\circ + 2^\circ = 206^\circ$, *overlap* pada angka 4°, *intake lift* 6,37 mm dan *exhaust* 6,3 mm. Sudut katup menunjukkan angka 35° untuk *intake*, 31° untuk *exhaust*. Sudut katup dirubah 2°, kerenggangan katup menjadi 1,5 mm. Durasi katup masuk dirubah menjadi $20^\circ + 180^\circ + 57^\circ = 257^\circ$, durasi katup buang menjadi $44^\circ + 180^\circ + 18^\circ = 242^\circ$. *Intake* dirubah menjadi 8 mm dan *exhaust* 8,2 mm. Setelah dilakukan pengujian menggunakan alat uji *dynotest* pada mesin Supra X yang telah dimodifikasi sudut katup dan poros bubungannya didapat hasil kenaikan daya dari yang sebelumnya 6,0 HP menjadi 7,5 HP, dan kenaikan torsi dari yang sebelumnya 6,5 N

menjadi 7,6 N. Dapat disimpulkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan berhasil dengan presentase 25% untuk kenaikan daya, dan 16,9% untuk kenaikan torsi.

Siswanto dkk. (2012) melakukan penelitian pada sepeda motor Honda Supra X 125 Tahun 2008 dengan memodifikasi angka *Lobe Separation Angle* (LSA) dan variasi putaran mesin. LSA yang digunakan ada tiga variasi, yaitu dengan angka 104° (*standard*) dimana katup hisap membuka 28° sebelum TMA, dan katup buang menutup 26° setelah TMA. Pada variasi LSA 107° katup hisap membuka 25° sebelum TMA, katup buang menutup 23° setelah TMA. Pada variasi LSA 101° katup hisap membuka 32° setelah TMA, katup buang menutup 28° setelah TMA. Hasil yang didapatkan dari pengujian bahwa pada putaran mesin 4000 RPM sampai 5500 RPM, penggunaan LSA 107° menghasilkan tenaga yang lebih besar dibandingkan LSA 104° dan LSA 101° . Pada putaran 5500 RPM sampai 9000 RPM daya yang dihasilkan ketiga variasi LSA mengalami perubahan. LSA 107° tidak mengalami kenaikan yang tinggi, bahkan mulai bergerak turun jika dibandingkan *standard* LSA (104°). Sedangkan LSA 101° mengalami kenaikan jika dibandingkan LSA 104° . Daya poros maksimal yang dicapai dari ketiga penggunaan variasi LSA *camshaft* berada di atas putaran mesin 6000 RPM. Penggunaan LSA 104° menghasilkan daya maksimal sebesar 7,89 HP pada putaran 7000 RPM, penggunaan LSA 107° menghasilkan daya maksimal 7,55 HP pada putaran 6500 RPM, penggunaan LSA 101° menghasilkan daya maksimal 8,31 HP pada putaran 7500 RPM.

Mulyono dkk. (2005) melakukan penelitian dengan memodifikasi *camshaft* kendaraan Shogun 125 SP untuk mengetahui perbedaan konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang. Durasi *standard camshaft* untuk katup hisap membuka pada 17° sebelum TMA dan menutup pada 66° sebelum TMB. Durasi katup hisap menjadi $17^\circ + 180^\circ + 66^\circ = 263^\circ$. Durasi *standard camshaft* katup buang membuka pada 63° sebelum TMB dan menutup 34° setelah TMA, durasi katup buang menjadi $63^\circ + 180^\circ + 34^\circ = 277^\circ$. Setelah *camshaft* dirubah, durasi katup hisap dan buangnya dibuat sama menjadi 255° . Hasil dari penelitian tersebut ialah terjadi peningkatan konsumsi

bahan bakar 110 ml untuk jarak tempuh 100 km, peningkatan emisi gas buang CO 4,187 %, peningkatan emisi gas buang HC 2479,663 ppm.

Mahmud dkk. (2005) melakukan penelitian pada kendaraan Shogun 125 SP. Perubahan dilakukan pada komponen *camshaft* untuk mengetahui perbandingan hasil daya dan torsi. Durasi *standard camshaft* untuk katup masuk membuka pada 17° sebelum TMA dan menutup pada 66° sebelum TMB. Durasi katup masuk menjadi $17^\circ + 180^\circ + 66^\circ = 263^\circ$. Durasi *standard camshaft* katup buang membuka pada 63° sebelum TMB dan menutup 34° setelah TMA, durasi katup buang menjadi $63^\circ + 180^\circ + 34^\circ = 277^\circ$. Durasi katup hisap dirubah menjadi membuka 25° sebelum TMA dan menutup 50° setelah TMB. Durasi katup hisap menjadi $25^\circ + 180^\circ + 50^\circ = 255^\circ$. Durasi katup buang menjadi membuka 50° sebelum TMB dan menutup 25° setelah TMA. Durasi katup buang menjadi $50^\circ + 180^\circ + 25^\circ = 255^\circ$. Hasil yang didapat setelah merubah durasi *camshaft* tersebut adalah meningkatnya torsi maksimal dari 6,28 ft-lbs pada putaran 6000 RPM menjadi 6,98 ft-lbs pada putaran 6500 RPM. Daya maksimal yang dihasilkan meningkat dari 7,99 ft-lbs pada putaran 7500 RPM menjadi 9,78 ft-lbs pada putaran 8000 RPM.

Susilo dkk. (2013) melakukan penelitian dengan memodifikasi mekanisme katup pada sepeda motor Shogun 110 cc, dengan menggunakan putaran mesin 3000 RPM – 8500 RPM dengan range 500 RPM. *Camshaft* yang digunakan dengan LSA 105° (*standard*), 95° , 100° , 110° , dan 115° . Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian menggunakan *camshaft* yang dimodifikasi mempengaruhi unjuk kerja mesin. Torsi maksimum tertinggi dihasilkan *camshaft* dengan LSA 95° yaitu sebesar 0,88 kgh.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 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° (*standard*).

Putra dkk. (2013) melakukan modifikasi *camshaft* dengan mengubah waktu membuka dan menutupnya katup. Daya efektif yang dihasilkan pada variasi durasi *camshaft* 220 ° yaitu pada 6000 RPM sebesar 7,7 HP. Variasi durasi *camshaft* 227 ° yaitu pada 6500 RPM sebesar 8,49 HP. Variasi durasi *camshaft* 233 ° yaitu pada 6500 RPM sebesar 8,77 HP. Variasi durasi *camshaft* 239 ° pada 6500 RPM sebesar 9,53 HP. Momen putar rata – rata maksimum yang dihasilkan pada durasi *camshaft* 220 ° yaitu pada 6000 RPM sebesar 1,37 N.m. Variasi durasi *camshaft* 227 ° pada 6000 RPM menghasilkan 1,43 N.m. Variasi durasi *camshaft* 233 ° pada 6000 RPM menghasilkan 1,47 N.m. Variasi durasi *camshaft* 239 ° pada 6500 RPM menghasilkan 1,51 N.m.

Firman dkk. (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan durasi *camshaft* terhadap unjuk kerja *engine* pada putaran tinggi yang dilakukan pada engine 4 langkah 2 silinder SINJAI 650 cc *Single Overhead Camshaft (SOHC) system Port Injection* dengan fokus pengoperasian pada putaran tinggi. Variasi durasi akan dilakukan pada kedua *cam*, dimana variasi dibagi menjadi 248 ° (*standard*), 254 °, 260 °, 266 °, 272 °, dan 278 °. Penambahan durasi dilakukan secara simetris 3 ° pada poros engkol sebelum katup membuka dan setelah katup menutup sehingga tidak ada perubahan pada *Lobe Separation Angle (LSA)*. Metode penelitian ini menggunakan dua tahapan, yaitu metode simulasi menggunakan *LOTUS Engine Simulation* pada engine SINJAI 650 cc *SOHC Port Injection*, diperoleh durasi *camshaft* terbaik yaitu 260 ° pada putaran tinggi dengan peningkatan torsi 0,908%, efisiensi volumetris 1,003% dan penurunan *bsfc* 0,252 dari *cam shaft* standard 248 ° pada putaran tinggi. Menurut hasil eksperimen, perbandingan unjuk kerja dari durasi *camshaft* 248% dan 260%, terjadi peningkatan torsi 5,53%, daya 5,53%, *bmep* 5,53%, efisiensi *thermal* 14,58%, efisiensi volumetris 2,04% dan penurunan *bsfc* 17,905%, emisi CO 5,183%, dan emisi HC 7,578%.

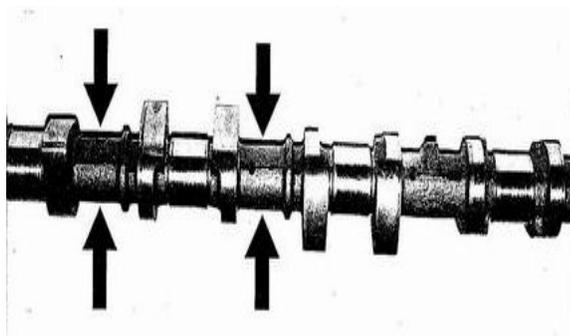
Mahendra (2016) melakukan penelitian pada sepeda motor Honda Tiger 200 cc dengan membandingkan *standard camshaft* dan *modification camshaft* yang berdurasi 250 °, 260 °, 270 ° yang merupakan variabel bebas dari penelitian ini.

Metode eksperimen ini menggunakan bahan bakar premium 8 cc yang diletakkan di dalam gelas ukur pada putaran 1500 RPM, 2500 RPM, 3500 RPM, 4500 RPM, dan 5500 RPM. Hasil akhir dari penelitian yang diperoleh adalah terjadi kenaikan torsi dan daya masing – masing 16,82%. Torsi dan daya maksimal diperoleh dengan menggunakan durasi 270° masing – masing yaitu 8,012 N.M dan 4,612 kW pada putaran 5500 RPM. Konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) yang diperoleh berpengaruh kecil sebesar 9,33 %. Besarnya konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) maksimal yang dihasilkan adalah 0,410 kg/kWh pada putaran 2500 RPM dengan pemakaian *camshaft* 270° . Untuk konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) minimal sebesar 0,375 kg/kWh pada putaran 2500 RPM dengan pemakaian *camshaft* 240° .

2.2. Dasar Teori

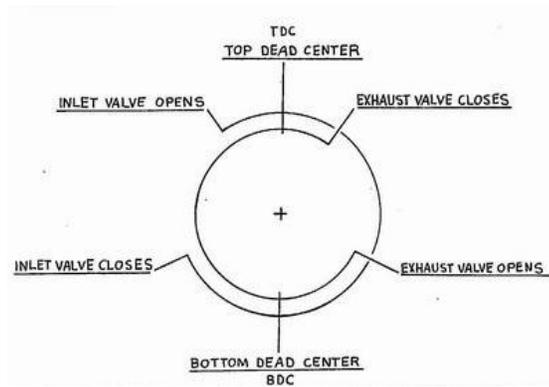
2.2.1. Poros Bubungan (*Camshaft*)

Poros bubungan (*camshaft*) adalah sebuah poros yang memiliki sejumlah bubungan (*cam*). Bubungan ini disusun sedemikian rupa pada porosnya yang berfungsi untuk mengatur poros bukaan dan penutupan katup sesuai urutan yang telah ditentukan. Selain itu poros bubungan juga berfungsi untuk menggerakkan distributor pengapian dan pompa bahan bakar mekanik (Kristanto, 2015).



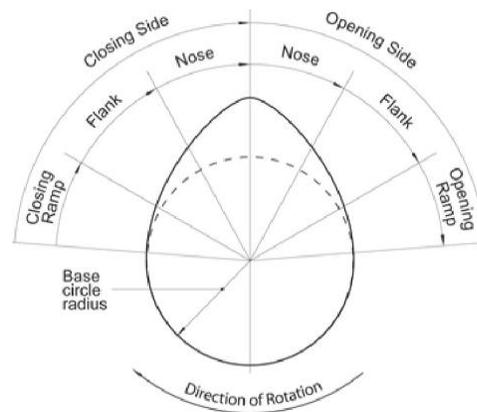
Gambar 2.1. Poros Bubungan (*Camshaft*)
(Hammill, 1998)

Untuk mengaktifkan katup yang bergerak naik turun, digunakan mekanisme yang disebut bubungan. Bila ditinjau dari sisi penampangnya, bubungan berbentuk bulat dengan bagian tertentu menonjol, mencuat dan membentuk cuping. Bagian yang mencuat ini sangat penting, bentuk atau profil dari bubungan ini sangat menentukan tinggi angkatan katup dan lamanya (durasi) katup. Poros bubungan selalu berputar pada separuh poros engkol, atau membutuhkan dua putaran penuh poros engkol untuk melingkapi satu putaran poros bubungan pada siklus empat langkah (Kristanto, 2015).



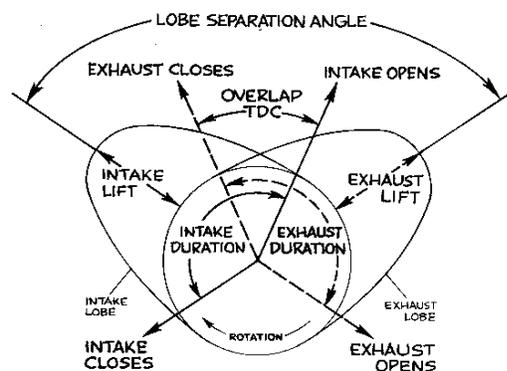
Gambar 2.2. Diagram *Timing* Katup Hisap dan Buang
(Hammil, 1998)

Poros dengan sisi cembung menghasilkan kecepatan lebih kecil daripada sisi cekung. Poros ini dapat bekerja baik karena saat pembukaan dan penutupan katup dilakukan dengan cepat dan tepat, maka poros jenis ini banyak digunakan untuk motor dengan kecepatan tinggi. Telah diketahui bahwa katup masuk mulai dibuka sebelum piston mencapai TMA (Titik Mati Atas) dan ditutup beberapa saat setelah piston naik ke TMA. Demikian pula katup buang mulai dibuka sebelum piston turun ke TMB (Titik Mati Bawah), dan penyalaan dimulai beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA (Hidayat, 2012).



Gambar 2.3. Profil Poros Bubungan
(Hidayat, 2012)

Timing atau derajat bubungan adalah jumlah percepatan atau perlambatan sudut antara bubungan dan poros engkol. Untuk menghasilkan kondisi terbaik, motor memerlukan bubungan yang akurat. Memperlambat *timing* bubungan, memperbaiki tenaga pada putaran atas, tetapi menurunkan torsi pada putaran bawah. Jika *timing* dimajukan, katup masukan menutup lebih awal dalam siklus, hal ini meningkatkan tekanan silinder karena katup buang menutup lebih awal sepanjang siklus masukan sehingga torsi putaran bawah lebih besar, namun efisiensi berkurang pada putaran atas (Kristanto, 2015).



Gambar 2.4. Hubungan Cuping Masuk dan Buang
(Kristanto, 2015)

a. Durasi

Durasi menyatakan seberapa lama bubungan menjaga katup tetap membuka, dan dinyatakan dalam derajat rotasi poros engkol. Saat bubungan membuka dan cuping mengawali proses angkatannya, katup akan mulai membuka. Secara umum dikatakan bubungan dengan durasi yang lebih panjang memiliki rentang operasi bubungan yang lebih lebar. Mayoritas penggunaan menunjukkan bahwa hampir semua aplikasi poros bubungan menggunakan kisaran durasi antara 270° sampai 310°, mulai dari mesin untuk penggunaan sehari – hari maupun mesin untuk keperluan balap.

Poros bubungan 270° menghasilkan operasi motor yang lembut, sedangkan poros bubungan dengan durasi 310° cenderung lebih besar dayanya. Jika *timing* poros bubungan dinyatakan sebagai 48 - 78 - 78 - 42. Hal itu berarti titik 42 pertama menyatakan katup masuk membuka pada 42° sebelum TMA, titik 78 pertama menunjukkan penutupan katup masuk pada 78° sebelum TMB, titik 78 kedua menunjukkan pembukaan katup buang pada 78° sebelum TMB, dan 42 kedua menunjukkan katup buang menutup pada 42° setelah TMA (Kristanto, 2015).

Jika terdapat data fase *camshaft* 53° - 77° / 82° - 58°, maka durasi untuk katup masuk dari *camshaft* tersebut yaitu :

$$D_i = In_{open} + 180^\circ + In_{close} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D_i = 53^\circ + 180^\circ + 77^\circ$$

$$D_i = 310^\circ$$

Sedangkan nilai durasi katup buangnya :

$$D_e = Ex_{open} + 180^\circ + Ex_{close} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$D_e = 82^\circ + 180^\circ + 58^\circ$$

$$D_e = 320^\circ$$

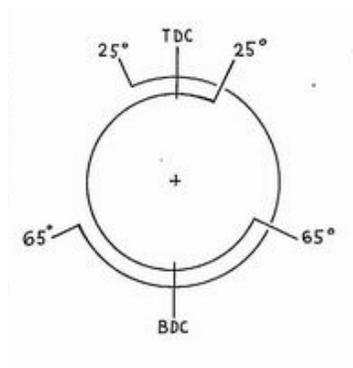
Dimana :

D_i : Durasi Katup Hisap

In_{open} : *Timing* Katup Masuk Membuka

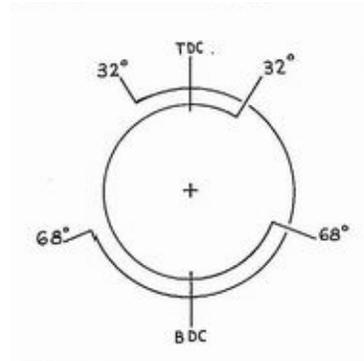
- In_{close} : *Timing* Katup Masuk Menutup
 D_e : Durasi Katup Buang
 Ex_{open} : *Timing* Katup Buang Membuka
 Ex_{close} : *Timing* Katup Buang Menutup

Timing poros bubungan 270° menggunakan perkiraan fase 25 – 65 – 65 – 25. Poros bubungan dengan konfigurasi ini memiliki *idle* yang lembut dan direkomendasikan untuk oenggunaan sehari – hari, dimana dikehendaki ekonomi bahan bakar yang baik serta level emisi buang yang dapat diterima (Kristanto, 2015).



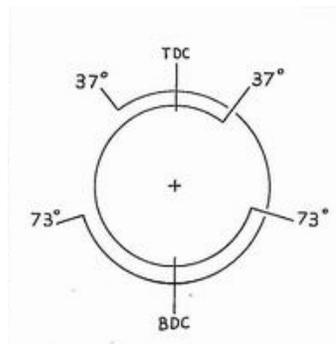
Gambar 2.5. Fase 270°
 (Hammil, 1998)

Timing poros bubungan ini akan menghasilkan peningkatan capaian poros hasil kerja motor. Poros bubungan dengan perhitungan derajat ini telah dicoba untuk motor modifikasi dengan empat katup per silinder, dimana menghasilkan daya yang sempurna sampai 7500 RPM. Motor mempunyai efisiensi volumetris atau pengisian silinder yang baik. *Timing* poros bubungan 280° menggunakan fase 32 – 68 – 68 – 32 (Kristanto, 2015).



Gambar 2.6. Fase 280°
(Hammil, 1998)

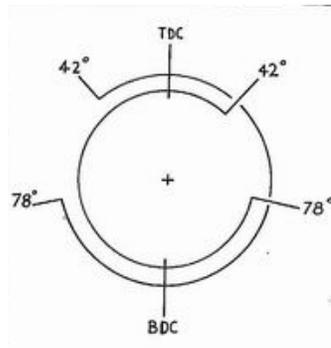
Timing poros bubungan 290° menggunakan fase 37 – 73 – 73 – 37. Motor kondisi standar yang dicoba dengan durasi poros bubungan ini sulit menghasilkan kerja yang efisien. Alasannya walaupun katup terbuka lebih awal dan dengan angkatan katup yang lebih tinggi, bidang masukan yang standar merupakan faktor pembatas efisiensi volumetris. Poros bubungan ini menghasilkan *idle* yang lebih kasar. Pada beberapa motor diperoleh hasil yang lebih baik dari yang diharapkan jika sisi induksi dimodifikasi seperti *porting*, dan lain sebagainya (Kristanto, 2015).



Gambar 2.7. Fase 290°
(Hammil, 1998)

Timing bubungan dengan durasi ini menggunakan fase 42 – 78 – 78 – 42. Derajat katup pada durasi ini meningkat dan peningkatannya menyebabkan motor

memiliki *idle* yang kasar, namun sering difungsikan untuk keperluan perlombaan balap (Kristanto, 2015).



Gambar 2.8. Fase 300°
(Hammil, 1998;18)

b. *Valve Lift*

Valve Lift yaitu tinggi angkatan katup (jarak maksimum antara katup dan dudukan katup). Data angka *valve lift* sangat bervariasi antara profil *camshaft* satu dengan lainnya, dari tipe mesin satu dengan tipe mesin lainnya. *Standard Camshaft* biasanya memiliki nilai *lift valve* sebesar 23% dari diameter *valve*, untuk *Racing Camshaft* lebih tinggi sekitar 35% (Bell, 1981).

Keuntungan menggunakan *lift* tinggi :

1. Tenaga mesin meningkat.
2. Tenaga mesin bagus pada putaran tinggi.

Kerugian menggunakan *lift* tinggi :

1. Tenaga mesin berkurang pada putaran bawah.
2. Per katup menjadi tidak tahan lama.

(Hidayat, 2012;97)

c. *Valve Clearance*

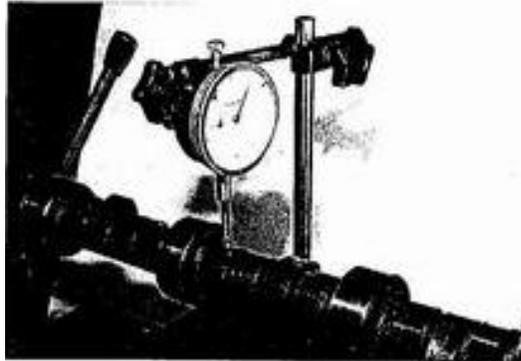
Valve clearance adalah celah antara tuas penekan dengan batang katup. Pada saat dalam keadaan dingin dan katup dalam keadaan tertutup, harus terdapat celah antara tuas penekan dengan batang katup, karena pada saat panas batang katup akan memuai akibat ekspansi termal dari gas pembakaran sehingga mengurangi celahnya. Jika celah terlalu kecil, saat motor panas katup tidak bisa menutup sempurna padaudukannya sehingga campuran udara bahan bakar tidak dapat dikompresikan dengan baik yang berakibat akan mengurangi daya, temperatur katup meningkat dan dapat terbakar. (Kristanto, 2015)

2.2.2. Pengukuran *Camshaft*

Camshaft merupakan komponen yang penting, yang memiliki desain dan spesifikasi dimana bisa diperiksa apakah sesuai dengan spesifikasi dari produsen *camshaft* tersebut. Pemasangan yang kurang sempurna perlu dihindari untuk memperpanjang masa pemakaian *camshaft*, namun ada bagian *camshaft* yang hanya bisa diperiksa dengan menggunakan alat yang memiliki tingkat akurasi tinggi yaitu pada bagian profil *lobe*. Melakukan penggantian komponen sebaiknya dilakukan pengecekan terlebih dahulu sebelum melepas *camshaft* dari mesin (Hammill, 2002).

a. *Dial Gauge*

Kelurusan *camshaft* dapat diperiksa pada mesin bubut, mesin papas *camshaft*, atau dengan bantuan *dial gauge*. Mesin bubut lebih umum dipakai dibandingkan mesin papas *camshaft*, jadi mesin bubut lebih sering dipakai sebagai alat dengan tujuan tersebut. Ketika *camshaft* terpasang dalam kepala silinder, tingkat kelurusannya juga bisa diperiksa menggunakan kepala silinder (Hammill, 2002).



Gambar 2.10. Pemeriksaan Kelurusan Camshaft
(Hammil, 1998)

b. Busur Derajat

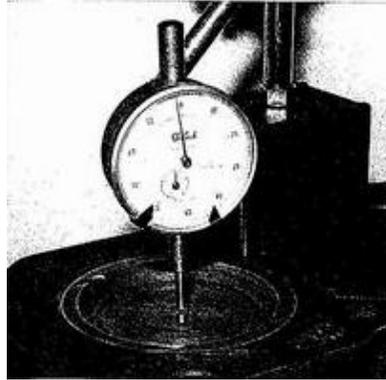
Produsen komponen *cam* memberikan menyarankan kepada pengguna untuk menggunakan busur derajat 360° untuk memeriksa *timing camshaft*. Priringan *timing* busur ini dipasang pada *crankshaft*, dan penanda pada busur digunakan untuk menandai piston pada posisi *Top Dead Center* (TDC), dan hitungan derajat dari tinggi maksimum katup masuk pada kepala silinder dapat dibaca. Menggunakan metode ini akan baik untuk memeriksa *timing* pergerakan dari *camshaft*, namun tidak selalu mudah untuk menggunakan metode ini.

Menandai secara permanen titik pengapian pada *crankshaft* direkomendasikan untuk mengetahui angka tinggi angkatan maksimum katup masuk dan buang, angka *timing* bukaan, tutupan katup masuk dan buang. Setelah menandai titik pengapian, pasang *dial gauge* pada *retainer* atau pengangkat katup masuk di kepala silinder, putar bagian mesin untuk mengetahui angka tinggi angkatan maksimum katup (Hammill, 2002).

c. Pengecekan TDC (*Top Dead Center*)

Penanda *Top Dead Center* pada sebuah mesin digunakan untuk memastikan tingkat akurasi pada pengecekan tersebut. Jika posisi TDC tidak akurat, maka *timing* pada *camshaft* akan mengalami pergeseran atau perubahan. Keakuratan posisi TDC ini sangat penting untuk tujuan performa mesin yang baik. Cara terbaik menentukan

posisi TDC adalah dengan melepas kepala silinder dari mesin, dan memasang *dial* indikator untuk memastikan tingkat keakuratan dari posisi TDC (Hammill, 2002).



Gambar 2.11. Pengecekan Top Dead Center
(Hammill, 1998)

2.2.3. Volume Silinder

Volume silinder adalah besarnya volume langkah (*piston displacement*) ditambah volume ruang bakar. Volume langkah dihitung dari volume atas piston saat posisi piston di TMB sampai garis TMA. Sedangkan volume ruang bakar dihitung volume di atas piston berada di TMA juga disebut volume sisa (Hidayat, 2012).

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai volume silinder yaitu :

$$V_L = \pi/4 \cdot D^2 \cdot L \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

VL : Volume Langkah (cm³) atau (cc)

D : Diameter Silinder (cm)

L : Panjang Langkah Piston (cm)

Besarnya diameter silinder dan langkah piston akan mempengaruhi kemampuan kerja motor dan dapat digunakan untuk menentukan kategori dan jenis motor.

2.2.4. Torsi

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Untuk mengetahui besarnya torsi adalah dengan menggunakan *dynamometer* (Arend, 1996).

2.2.5. Daya

Daya adalah kerja yang dihasilkan sebuah mesin pada putaran tertentu dalam suatu percobaan. Besarnya daya diketahui dengan menggunakan *dynamometer* (Arend, 1996).

2.2.6. Konsumsi Bahan Bakar (KBB)

KBB adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif selama satu jam dan didapat dari persamaan 2.4. (Soenarta, 1995).

$$mf = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

mf = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

P = Daya (kW)

b = Volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

t = Waktu yang diperlukan untuk mengosongkan buret (detik)

ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar (kg/l)

2.2.7. Emisi Gas Buang

Dari setiap proses pembakaran selalu dihasilkan produk pembakaran yang disebut emisi gas buang. Emisi gas ini mencemari lingkungan dan memberikan kontribusi terhadap pencemaran udara. Empat produk emisi utama motor pembakaran dalam adalah hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), dan partikulat padat.

Terdapat dua metode untuk mengurangi emisi motor yang berbahaya. Pertama dengan meningkatkan teknologi bahan bakar dan motor sedemikian rupa sehingga terjadi pembakaran yang lebih baik dan menghasilkan emisi yang lebih rendah. Kedua dengan memberikan perlakuan lanjut (*after treatment*) terhadap gas buang melalui pengendali emisi.

Terdapat tiga sumber yang mengemisikan gas buang dari kendaraan bermotor yaitu :

- a) Bak Engkol (*Crankcase*) dimana membebaskan uap dan kabut minyak, HC yang terbakar dan tak terbakar ke atmosfer.
- b) Sistem Bahan Bakar, dimana terjadi emisi penguapan melalui karburator atau saluran masukan udara dan tangki bahan bakar yang berventilasi ke atmosfer.
- c) Sistem Pembuangan, dimana merupakan sumber utama dimana produk pembakaran yang tidak sempurna (CO, HC yang terbakar dan tak terbakar, serta NO_x) dibebaskan dari pipa buang ke atmosfer (Kristanto, 2015).

Rasio udara dan bahan bakar memegang peranan penting dalam efisiensi proses pembakaran, dimana rasio ideal untuk emisi optimum, ekonomi bahan bakar dan kinerja motor yang baik sekitar 14,7 massa udara untuk setiap massa bahan bakar, dimana rasio ini dikenal sebagai rasio stokiometri.

Reaksi kimia yang terjadi pada motor pembakaran dalam pembakaran sempurna adalah Hidrokarbon bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan uap air (H_2O), karbondioksida (CO_2), dan Nitrogen (N_2) keluar sebagai produk yang tidak dipengaruhi oleh proses pembakaran, melainkan oleh temperatur pembakaran (Kristanto, 2015).

a. Hidrokarbon (HC)

Beberapa jenis hidrokarbon bersifat karsinogen yang menyebabkan penyakit kanker, selain itu beberapa hidrokarbon cenderung mengakibatkan iritasi mata dan selaput mukosa tenggorokan. Hidrokarbon berperan terhadap terbentuknya hujan asam dan beberapa campuran hidrokarbon dengan bantuan sinar ultraviolet dari matahari bereaksi dengan gas lain di atmosfer yang mendorong terbentuknya asbut fotokimia (asbut = asap bercampur kabut).

Gas buang meninggalkan ruang bakar motor bensin mengandung sampai 6000 ppm komponen hidrokarbon, dimana ekuivalen dengan 1 sampai 1,5% bahan bakar. Sekitar 40% diantaranya merupakan komponen bahan bakar bensin yang tak terbakar. Terbentuknya emisi HC untuk setiap campuran bensin berbeda, tergantung komponen asal bahan bakar, geometri ruang bakar, dan parameter operasi motor (Kristanto, 2015).

b. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan beracun ketika dihisap. Jika masuk ke paru – paru akan bereaksi dengan *haemoglobine* (Hb) dalam darah, membentuk karboksiaemoglobine (COHb) yang menghalangi darah menyerap oksigen. Hb sendiri berfungsi sebagai sistem transport yang membawa oksigen dalam bentuk *oksihaemoglobine* (O₂Hb) dari paru – paru ke sel – sel tubuh yang membawa CO₂ dalam bentuk CO₂Hb dari sel – sel ke paru – paru. Adanya CO dalam darah manusia maka kemampuan darah sebagai sarana transpor oksigen akan terganggu.

Emisi karbon monoksida (CO) pada motor pembakaran dalam dikendalikan terutama oleh rasio udara dan bahan bakar. CO dihasilkan ketika motor beroperasi dengan rasio udara dan bahan bakar kaya (Kristanto, 2015).

c. Oksida Nitrogen (NO_x)

Tingginya temperatur dan tekanan silinder selama proses pembakaran dapat menyebabkan sebagian dari nitrogen dan oksigen yang terbakar bereaksi untuk membentuk oksida nitrogen (NO_x). Oksida nitrogen dapat muncul sebagai nitrogen monoksida (NO) yang tidak berwarna dan tidak berbau. Adanya tambahan oksigen lebih lanjut akan mengubah NO menjadi nitrogen dioksida (NO₂) yang berwarna coklat kemerah – merahan. Gas ini beracun dengan penetrasi bau yang dapat merusak jaringan paru – paru. Kedua gas ini terdapat bersama – sama dan dikombinasikan dalam satu format sedemikian rupa hingga oksida nitrogen ini diberi formulasi kimia Nox dimana akhiran “x” mencakup di antara satu dan dua atom.

Motor dengan pembakaran miskin cenderung beroperasi pada temperatur lebih tinggi yang dengan demikian Nox dibebaskan ke atmosfer. Nox yang dilepaskan bereaksi di atmosfer untuk membentuk ozon melalui siklus fotolitik NO₂ yang merupakan salah satu dari penyebab munculnya asbut (asap bercampur kabut) foto kimia (Kristanto, 2015).

d. Partikulat

Tiga kategori emisi partikulat pada motor bensin yaitu timbal, partikulat organik (termasuk jelaga), dan sulfat. Tinggi emisi sulfat bergantung pada kandungan belerang yang terdapat di dalam bahan bakar dan kondisi operasi motor. Belerang yang terdapat di dalam bahan bakar jika dioksidasi di dalam silinder motor berubah menjadi belerang dioksida (SO₂). Laju emisi partikulat pada motor yang beroperasi dengan bensin bertimbal (yang mengandung sekitar 0,15 g Pb/Liter) dapat mencapai 100 sampai 150 mg/km. Partikulat ini didominasi oleh senyawa timbal 25 % sampai 60% massa timbal yang diemisikan (Kristanto, 2015).