

SKRIPSI

OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI TINGGI LIFT PADA MESIN (X) 100CC MENGGUNAKAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT

Di Ajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana



Disusun Oleh :

NAMA : Andreas Teguh Setyo Pambudi

NIM : 1411184

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGAJUAN SKRIPSI

**OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI TINGGI LIFT PADA
MESIN (X) 100CC MENGGUNAKAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT**

Disusun Oleh :

Nama : Andreas Teguh Setyo Pambudi
Nim : 1411184
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Fakultas : Teknologi Industri (FTI)
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik
Mesin S-1

Diperiksa / disetujui,
Dosen Pembimbing

Sibut, ST. MT
NIP Y 1030300379

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP. 19570601 199202 1001

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Andreas Teguh Setyo Pambudi
Nim : 1411184
Jurusan : Teknik Mesin S-1
**Judul : OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI TINGGI
LIFT PADA MESIN (X) 100CC MENGGUNAKAN MESIN
MODIFIKASI CAMSHAFT**

Dipertahankan di hadapan Tim Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Sabtu
Tanggal : 26 Januari 2019
Dengan Nilai : 79,45

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA

SEKRETARIS,

Sibut, ST, MT
NIP Y. 1030300379

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP. 195706011992021001

ANGGOTA PENGUJI

PENGUJI 1

PENGUJI 2

Ir. Drs. Eko Edy Susanto, MT
NIP. 195703221982111001

Ir. Basuki Widodo, MT
NIP. Y. 1018100037

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Andreas Teguh Setyo Pambudi
Nim : 14.11.184
Jurusan : Teknik Mesin S-1
Judul Skripsi : OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI TINGGI LIFT
PADA MESIN (X) 100CC MENGGUNAKAN MESIN
MODIFIKASI CAMSHAFT
Tanggal Mengajukan Skripsi : 24 Oktober 2018
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 4 Januari 2019
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT
Telah Dievaluasi Dengan Nilai :

Malang, 4 Januari 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Rahardjo, MT

NIP. 19570601 199202 1001

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Andreas Teguh Setyo Pambudi
NIM : 1411184
Jurusan Bidang : Teknik Mesin S1 / Konversi Energi
Judul Skripsi : OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI
TINGGI LIFT PADA MESIN (X) 100CC
MENGUNAKAN MESIN MODIFIKASI
CAMSHAFT
Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Raharjo, MT

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Tanda Tangan
1	26/09/2018	Pengajuan Judul	
2	15/10/2018	Konsultasi BAB I dan BAB II	
3	28/10/2018	ACC BAB I dan BAB II	
4	4/11/2018	Konsultasi BAB III	
5	10/11/2018	ACC BAB III	
6	11/12/2018	Konsultasi BAB IV dan BAB IV	
7	20/12/2018	ACC BAB IV dan BAB V	
8	3/01/2019	Konsultasi Makalah Seminar	
9	14/01/2019	Seminar	
10	22/01/2019	ACC Laporan Skripsi	

Malang,
Dosen pembimbing

Ir. Teguh Rahardjo, MT
NIP. 19570601 199202 1001

PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andreas Teguh Setyo Pambudi

NIM : 14.11.184

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Bahwa skripsi yang saya buat ini, adalah hasil karya saya sendiri dan bukan hasil dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 4 Januari 2019

ANDREAS TEGUH SETYO PAMBUDI

KATA PENGANTAR

Puji syukur terhadap Tuhan Yang Maha Esa berkatnya dilimpahkan terhadap umatnya manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal skripsi pada waktunya. Proposal skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan persyaratan pengambilan skripsi pada jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian proposal skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehubungan dengan itu, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Sibut, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT., selaku dosen pembimbing yang tidak henti-hentinya memberikan arahan, dukungan, serta motivasi sehingga penulis mampu menyelesaikan proposal skripsi ini.
5. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME. Sebagai Dosen Koordinator Bidang Ilmu Konversi Energi.
6. Ayah dan Ibu penulis yang telah memberikan dukungan moril maupun materil serta doa beliau sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan ridho-NYA.
7. Teman-teman dan sahabat penulis yang ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

OPTIMASI CAMSHAFT DENGAN VARIASI TINGGI LIFT PADA MESIN (X) 100CC MENGGUNAKAN MESIN MODIFIKASI CAMSHAFT

Andreas Teguh Setyo Pambudi (1411184)

Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang
JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153
Email : andreasteguhsetyop@gmail.com

ABSTRAK

*Salah satu cara untuk mendapatkan efisiensi volumetric yang maksimal sehingga dapat menghasilkan tenaga seoptimal mungkin adalah dengan melakukan modifikasi pada camshaft. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan pengaruh penggunaan camshaft standard dengan memodifikasi camshaft dengan menambahkan variasi tinggi lift yang berbeda-beda terhadap unjuk kerja motor bensin empat langka. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan memvariasikan camshaft standar dan camshaft modifikasi tinggi lift, dengan variasi tinggi lift dari 0,5mm, 1mm, 1,5mm, 2mm dilakukan pengujian dengan menggunakan mesin dynamometer (dynotes) untuk mengukur daya dan torsi, tabung burret dan stopwatch mengukur konsumsi bahan bakar, busur drajat dan dial indikator untuk melihat bukaan tinggi klep dan durasi klep. Setelah dilakukan pengujian didapatkan data-data dengan medapatkan hasil nilai-nilai dari daya, torsi, FC, bukaan klep dan durasi klep. Dari pengukuran tersebut didapat efisiensi yang berbeda. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa camshaft dengan modifikasi tinggi lift dapat meningkatkan daya secara signifikan, jika pada camshaft standar memiliki daya maksimal 7.068 (HP) dan torsi 0,81 (KG*M), sedangkan pada camshaft variasi tinggi lift 0,5mm memiliki daya 7.471 (HP) dan torsi 0,79 (KG*M), 1mm memiliki daya 7.522 (HP) dan torsi 0,76 (KG*M), 1,5mm memiliki daya 7.562 (HP) dan torsi 0,70 (KG*M), 2mm memiliki daya 7.441 (HP) dan torsi 0,70 (KG*M). Dapat disimpulkan bahwa menaikkan tinggi lift camshaft dapat menaikkan daya untuk mengoptimalkan mesin standar sepeda motor.*

Kata kunci : standar, camshaft, modifikasi, unjuk kerja, motor bensin

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR ASISTENSI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Motor Bakar 4 Langkah	5
2.2.1 Siklus motor 4 langkah	5
2.2.2 Siklus Ideal.....	8
2.2.3 Sistem dan Proses Pembakaran.....	10
2.2.4 Cara kerja motor 4 langkah.....	11
2.2.5 Perhitungan motor 4 langkah	13
2.2.6 Perhitungan unjuk kerja motor 4 tak.....	15

2.3	Camshaft.....	16
2.3.1	Cara Kerja Camshaft.....	18
2.3.2	Perhitungan bukaan angkatan klep dari camshaft.....	19
2.3.3	Parameter Pengukur Tenaga Mesin Dinamometer	20
2.4	SPEKIFIKASI MOTOR (X) 100CC	22
BAB III		24
METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Metode Penelitian.....	24
3.2	Diagram alir penelitian.....	25
3.3	Variabel Penelitian	26
3.4	Cara kerja mesin modifikasi camshaft	27
3.5	Tempat penelitian	28
3.6	Alat dan Bahan	28
3.6.1	Alat.....	28
3.6.2	Bahan.....	31
3.7	Sistematika Penelitian	33
3.8	Prosedur Pengujian.....	35
BAB IV		36
PENGOLAHAN DATA		36
4.1	Pengolahan data.....	36
4.2	Torsi dan Daya	36
4.3	Konsumsi Bahan Bakar	38
4.4	Dial indikator dan Busur Drajat	45
ANALISA DAN PEMBAHASAN		49
5.1	Analisa pengaruh variasi tinggi lift terhadap daya.....	49
5.2	Pengaruh variasi tinggi lift terhadap torsi	50
5.3	Optimasi camshaft terhadap daya dan torsi.....	51
BAB VI.....		52
KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
6.1	Kesimpulan.....	52
6.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		53

LAMPIRAN.....	54
---------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 langkah hisap.....	5
Gambar 2.2 langkah kompresi	6
Gambar 2.3 langkah usaha	7
Gambar 2.4 langkah buang	7
Gambar 2.5 Diagram P – V Aktual motor bensin.....	9
Gambar 2.6 Panjang langkah piston.....	13
Gambar 2.7 bentuk camshaft dan LSA	17
Gambar 2.8 angkatan bukaan klep	19
Gambar 2.9 dynamometer/dynotest	21
Gambar 2.10 mesin motor (X) 100 cc.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 keterangan mesin modifikasi camshaft	27
Gambar 3.3 mesin dynotest.....	28
Gambar 3.4 kunci tool set	28
Gambar 3.5 dial indikator dan busur drajat.....	29
Gambar 3.6 mesin modifikasi camshaft.....	29
Gambar 3.7 jangka sorong	29
Gambar 3.8 Kipas blower	30
Gambar 3.9 gelas ukur	30
Gambar 3.10 tangki bahan bakar	31
Gambar 3.11 camshaft standar.....	31
Gambar 3.12 camshaft standar penambahan tinggi lift 0,5mm	32
Gambar 3.13 camshaft standar penambahan tinggi lift 1mm	32
Gambar 3.14 camshaft standar penambahan tinggi lift 1,5mm	32
Gambar 3.15 gambar camshaft standar penambahan tinggi lift 2mm	33
Gambar 3.16 gambar motor honda win 100cc	33

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 komposisi udara.....	10
Tabel 2.2 spesifikasi motor (X) 100cc	22
Tabel 3.1 Pengujian penggunaan model camshaft standar.....	26
Tabel 3.2 Pengujian penggunaan model camshaft modifikasi tinggi lift	27
Tabel 4.1 fuel consumption camshaft standar	38
Tabel 4.2 fuel consumption camshaft modifikasi tinggi lift.....	40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 terhadap daya pada variasi tinggi lift.....	37
Grafik 4.2 torsi grafik torsi terhadap variasi tinggi lift.....	38
Grafik 4.3 waktu dan rpm terhadap bahan bakar.....	45
Grafik 5.1 variasi tinggi lift terhadap daya maksimal yang dihasilkan.....	49
Grafik 5.2 variasi tinggi lift terhadap torsi maksimal yang dihasilkan.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia *otomotif* (khususnya sepeda motor) berkembang semakin pesat dewasa ini, yang mana juga diikuti oleh perkembangan dari berbagai komponen pendukungnya. Selain sebagai alat transportasi, sepeda motor juga digunakan untuk kepentingan kompetisi *performance*.

Untuk menghasilkan sepeda motor dengan performa yang tinggi salah satunya yang paling penting adalah dengan melakukan modifikasi pada bagian *engine*. Modifikasi yang umum dilakukan adalah dengan melakukan pemasangan *parts racing*, dimana hal tersebut dilakukan untuk memperoleh efisiensi *volumetris* dan *thermal* semaksimal mungkin sehingga dapat menghasilkan tenaga seoptimal mungkin.

Salah satu cara yang dilakukan untuk mendapatkan tenaga seoptimal mungkin adalah dengan melakukan modifikasi pada *camshaft*. Memodifikasi *camshaft* dengan variasi tinggi *lift* bertujuan untuk memperoleh performa yang tinggi sehingga dapat digunakan sehari-hari.

Camshaft atau yang disebut juga dengan noken as adalah komponen penting pada motor 4 tak yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar. *Camshaft* di desain berdasarkan 4 hal :

1. Durasi

Adalah waktu buka-tutup katup dalam 1 siklus kerja yang dihitung berdasarkan perubahan posisi poros engkol yang diukur dalam bentuk derajat. Berdasar riset, besar kecil durasi ideal *camshaft* ditentukan oleh karakter jalanan dan besarnya volume silinder.

2. Lift

Adalah tinggi angkatan katup dihitung dari posisi katup menutup sempurna sampai dengan posisi katup membuka *full* sempurna. Selisih dari hal tersebut adalah *lift* katup. Besar kecil *lift* katup ditentukan oleh diameter katup (0,32 dari D katup), perbandingan *rocker arm*, kualitas bahan katup dan pegas katup.

3. Profil

Adalah bentuk dari *camshaft*, yang membedakan antara *camshaft* satu dengan yang lainnya adalah dilihat dari *flank* dan *nose*. Meskipun durasi dan *lift* sama belum tentu karakter *camshaft*nya sama juga.

4. *Lobe separation angle* (LSA)

Adalah jarak titik puncak tonjolan antara *cam in* dan *cam out* yang diterjemahkan dalam bentuk sudut derajat poros engkol. Hal ini berhubungan dengan sudut *overlapping camshaft* motor. Dari riset yang dilakukan, LSA sangat mempengaruhi karakter mesin motor yang dihasilkan. Semakin kecil LSA *power band* yang dihasilkan mesin semakin sempit dan *peak power* terjadi pada rpm tinggi. Begitu juga sebaliknya dengan LSA besar.

Oleh sebab itulah perlu dilakukan penelitian tentang sejauh mana perbedaan pengaruh penggunaan *camshaft* standar dengan *camshaft* yang telah di modifikasi tinggi *lift*nya pada sepeda motor harian, dimana selanjutnya dapat diperoleh perbedaan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi terhadap tinggi *lift*, dari *camshaft* standar dengan tinggi lift yang berbeda-beda terhadap proses pembakaran, perbedaan daya, torsi dan konsumsi bahan bakar.
2. Bagaimana prestasi mesin motor (x) 100cc setelah melakukan perubahan tinggi lift?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan penulisan skripsi, maka batasan masalah ditekankan pada hal-hal berikut ini :

1. Menggunakan mesin modifikasi *camshaft* untuk membentuk profil *camshaft* yang di inginkan.
2. Menggunakan mesin dynotest untuk mengetahui kinerja *engine* yaitu daya mesin, torsi, dan konsumsi bahan bakar (SFC) pada variasi *camshaft*.
3. Menggunakan beberapa *camshaft* dengan ukuran tinggi lift yang berbeda-beda untuk mengetahui *camshaft* yang lebih efisien dari yang standar bawaan sepeda motor (x) 100cc.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengoptimalkan kinerja *camshaft* pada motor honda win 100cc, serta mengetahui daya, torsi, dan bahan bakar.
2. Untuk mengetahui proses pembakaraan pada ruang bakar dengan adanya perubahan tinggi lift *camshaft*.

3. Tidak asal-asalan dalam membentuk profil camshaft dengan melakukan peninggian.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menjadikan mesin motor standar lebih optimal dengan melakukan perubahan pada tinggi lift camshaft.
2. Pembakaran pada ruang bakar jadi lebih sempurna karna pembukaan klep lebih tinggi di bandingkan sebelumnya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Memaparkan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Memaparkan tentang penelitian sebelumnya tentang camshaft dan motor 4 tak, bagian-bagian dari camshaft, dasar-dasar rumus unjuk kerja motor 4 tak dan camshaft, spesifikasi motor standar (x) 100cc.

BAB III Metodologi Penelitian

Memaparkan tentang alur penelitian, alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian.

BAB IV Analisa Data dan Pembahasan

Memaparkan tentang analisa dan pembahasan penelitian.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran guna menyempurnakan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Peter Burgess and David Gollan (2003), dalam bukunya “*How To Build, Modify And Power Tune Cylinder Head*”, menjelaskan bahwa fungsi *camshaft* adalah untuk mengatur waktu membuka dan menutup katup pada saat yang tepat, dimana hal ini bertujuan untuk mengisi silinder dengan campuran bahan bakar dan udara sebelum terjadi pembakaran dan mengosongkan silinder setelah terjadi proses pembakaran. Hal tersebut terdengar cukup sejalan, tetapi bagaimana fungsi ini dilakukan akan memiliki efek yang besar terhadap torsi, daya, jangkauan kerja dan kemampuan *engine*.

Yudhi Prabowo (2006), dalam penelitian mengenai Pengaruh Pemotongan Kepala Silinder terhadap Unjuk Kerja dan Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Sepeda Motor Honda Astrea, menyatakan bahwa jumlah perbandingan kompresi akan sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin. Hasil penelitiannya menunjukkan pada pemotongan kepala silinder 0.8 mm, menghasilkan daya yang lebih 1.5 kali serta konsumsi bahan bakar lebih irit dibandingkan dengan pemotongan kepala silinder 0.5 mm atau dalam kondisi standard tidak mengalami pemotongan baik pada putaran mesin 4000 rpm, 6000 rpm, dan 8000 rpm.

Hanang Sapto Aji (2010), dalam penelitiannya Study Pengaruh Aplikasi Membran *Racing* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Bensin 2 Langkah 135 cc dengan Variasi Bahan Bakar Premium dan Pertamina. Dari hasil penelitiannya menunjukkan daya motor, torsi dan BMEP yang dihasilkan dengan membran *racing* lebih tinggi dari membran *standard*, dengan selisih daya maksimum ± 1 kW dan torsi 1 Nm. Daya dan torsi maksimum yang dicapai terdapat pada variasi penggunaan membran V-Force – Pertamina, yaitu sebesar 13,199 kW dan 15,763 Nm pada putaran 8000 rpm. Selain itu penggunaan membran *racing* dapat lebih menghemat konsumsi bahan bakar daripada membran *standard*. Pada putaran 8000 rpm konsumsi bahan bakar Pertamina 0,86739 kg/jam, sedangkan dengan bahan bakar premium adalah 1,12065 kg/jam.

Ardianto Argo Busono (2010), dalam penelitiannya Analisis Variasi *Intake Manifold Standard* dan *Porting* pada Piston *Standard* dan *Racing* Terhadap Kinerja Sepeda Motor Honda GL 100, memperoleh hasil penelitian yang menunjukkan aplikasi *intake manifold porting* pada piston *standard* maupun *racing* dapat menghasilkan daya dan torsi lebih tinggi pada putaran bawah dan selanjutnya pada putaran atas perubahan tersebut berubah seiring dengan konsumsi bahan bakar yang semakin meningkat sampai dengan berhentinya pasokan campuran bahan bakar – udara karena keterbatasan suplai bahan bakar dari karburator. Pada putaran 5000 rpm aplikasi *intake manifold porting* baik pada

piston *standard* maupun *racing* konsumsi bahan bakar yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi *intake manifold standar*.

2.2 Motor Bakar 4 Langkah

Motor bakar empat langkah adalah mesin pembakaran dalam, yang dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston. Sekarang ini, mesin pembakaran dalam pada mobil, sepeda motor, truk, pesawat terbang, kapal, alat berat dan sebagainya, umumnya menggunakan siklus empat langkah. Empat langkah tersebut meliputi langkah hisap (pemasukan), kompresi, tenaga dan langkah buang. Yang secara keseluruhan memerlukan dua putaran poros engkol (*crankshaft*) persatu siklus pada mesin bensin atau mesin diesel.

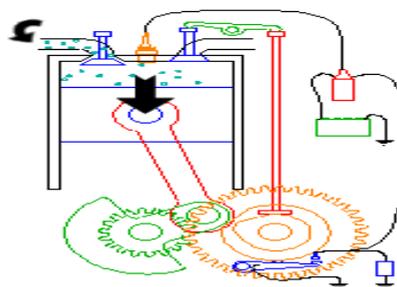
2.2.1 Siklus motor 4 langkah

Siklus kerja motor 4 langkah adalah keseluruhan langkah yang berurutan untuk terjadinya satu siklus kerja dari motor. Proses kerja ini terjadi berurutan dan berulang-ulang. Piston motor bergerak bolak balik dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) dan dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) pada langkah selanjutnya.

Prinsip kerja motor 4 langkah :

a) Langkah Hisap

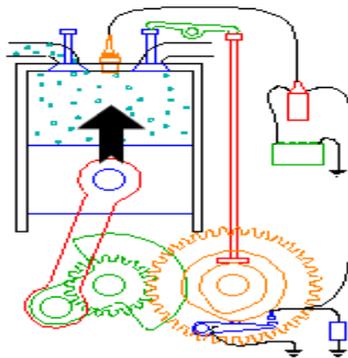
Dalam langkah ini, campuran bahan bakar dan bensin di hisap ke dalam silinder. Katup hisap membuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), menyebabkan ruang silinder menjadi vakum dan menyebabkan masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder yang disebabkan adanya tekanan udara luar.



Gambar 2.1 langkah hisap
(Sumber : <https://www.cronyos.com>)

b) Langkah Kompresi

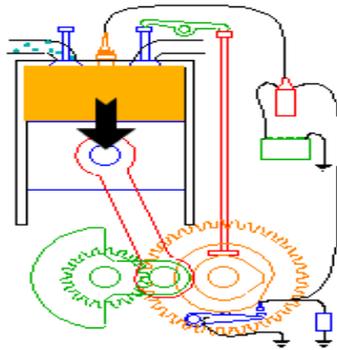
Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya akan naik, sehingga akan mudah terbakar. Saat inilah percikan api dari busi terjadi. Poros engkol berputar satu kali ketika torak mencapai titik mati atas (TMA).



Gambar 2.2 langkah kompresi
(Sumber : <https://www.cronyos.com>)

c) Langkah Usaha

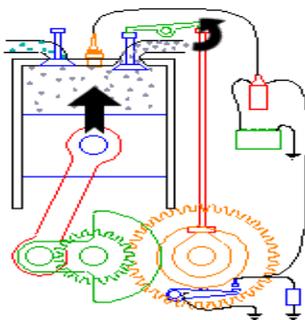
Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Saat torak mencapai titik mati atas (TMA) pada saat langkah kompresi, busi memberikan loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan. Dengan adanya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin.



Gambar 2.3 langkah usaha
(Sumber : <https://www.cronyos.com>)

d) Langkah Buang

Dalam langkah ini, gas yang sudah terbakar, akan dibuang ke luar silinder. Katup buang membuka sedangkan katup hisap tertutup. Waktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), mendorong gas bekas keluar dari silinder. Pada saat akhir langkah buang dan awal langkah hisap kedua katup akan membuka sedikit (valve overlap) yang berfungsi sebagai langkah pembilasan (campuran udara dan bahan bakar baru mendorong gas sisa hasil pembakaran). Ketika torak mencapai TMA, akan mulai bergerak lagi untuk persiapan langkah berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol telah melakukan 2 putaran penuh dalam satu siklus yang terdiri dari empat langkah yaitu, 1 langkah hisap, 1 langkah kompresi, 1 langkah usaha, 1 langkah buang yang merupakan dasar kerja dari pada mesin empat langkah.



Gambar 2.4 langkah buang
(Sumber : <https://www.cronyos.com>)

2.2.2 Siklus Ideal

Proses termodinamika dan kimia yang terjadi dalam motor bakar torak sangat kompleks untuk dianalisa menurut teori. Untuk memudahkan menganalisanya perlu membayangkan suatu keadaan yang ideal. Makin ideal suatu keadaan makin mudah untuk dianalisa, akan tetapi dengan sendirinya semakin jauh menyimpang dari keadaan sebenarnya.

Pada umumnya untuk menganalisa motor bakar torak dipergunakan siklus udara sebagai siklus yang ideal. Siklus udara menggunakan beberapa keadaan yang sama dengan siklus sebenarnya dalam hal sebagai berikut :

- a. Urutan proses
- b. Perbandingan kompresi
- c. Pemilihan temperatur dan tekanan pada suatu keadaan
- d. Penambahan kalor yang sama per satuan berat udara

Di dalam analisis udara, khususnya motor bakar torak akan dibahas:

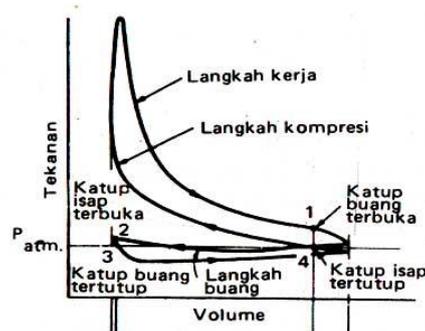
1. Siklus udara volume konstan (siklus otto)
2. Siklus udara tekanan konstan (siklus diesel)
3. Siklus udara tekanan terbatas (siklus gabungan)
4. Siklus Aktual Motor Bensin

Siklus udara volume konstan atau siklus otto adalah proses yang ideal. Dalam kenyataannya baik siklus volume konstan, siklus tekanan konstan dan siklus gabungan tidak mungkin dilaksanakan, karena adanya beberapa hal sebagai berikut :

1. Fluida kerja bukanlah udara yang bisa dianggap sebagai gas ideal, karena fluida kerja di sini adalah campuran bahan bakar (premium) dan udara, sehingga tentu saja sifatnya pun berbeda dengan sifat gas ideal.
2. Kebocoran fluida kerja pada katup (valve), baik katup masuk maupun katup buang, juga kebocoran pada piston dan dinding silinder, yang menyebabkan tidak optimalnya proses.
3. Baik katup masuk maupun katup buang tidak dibuka dan ditutup tepat pada saat piston berada pada posisi TMA dan atau TMB, karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaban fluida kerja. Kerugian ini dapat diperkecil bila saat pembukaan dan

penutupan katup disesuaikan dengan besarnya beban dan kecepatan torak.

4. Pada motor bakar torak yang sebenarnya, saat torak berada di TMA tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Kenaikan tekanan dan temperatur fluida kerja disebabkan oleh proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar dalam silinder.
5. Proses pembakaran memerlukan waktu untuk perambatan nyala apinya, akibatnya proses pembakaran berlangsung pada kondisi volume ruang yang berubah-ubah sesuai gerakan piston. Dengan proses pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume atau tekanan yang konstan.
6. Terdapat kerugian akibat perpindahan kalor dari fluida kerja ke fluida pendingin, misalnya oli, terutama saat proses kompresi, ekspansi dan waktugas buang meninggalkan silinder. Perpindahan kalor tersebut terjadi karena ada perbedaan temperatur antara fluida kerja dan fluida pendingin.
7. Adanya kerugian energi akibat adanya gesekan antara fluida kerja dengan dinding silinder dan mesin.
8. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk kerja mekanik.



Gambar 2.5 Diagram P – V Atual motor bensin
(Sumber : <https://ary72uchiha.wordpress.com>)

Berdasarkan kondisi seperti tersebut diatas, maka grafik tekanan (P) vs volume (V) mempunyai bentuk yang sedikit berbeda dengan grafik P-V sikluseal.

2.2.3 Sistem dan Proses Pembakaran

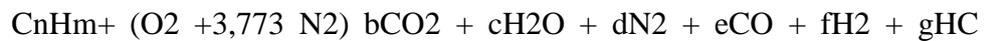
Pembakaran pada motor bakar torak adalah proses reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang terjadi dalam ruang bakar, yang menghasilkan energi kalor. Oksigen ini diperoleh dari campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam mesin. Komposisi dari udara tersebut sebagian besar mengandung Oksigen dan Nitrogen serta sebagian kecil dari udara tersebut mengandung gas yang lain. Seperti terlihat pada Tabel berikut:

Tabel 2.1 komposisi udara

Nama	Simbol	Mol Berat	Analisa persen, %		Relatif terhadap O ₂		Mol berat per Mol Udara
			Volume	Berat	Volume	Berat	
Oksigen	O ₂	32,0	20,99	23,2	1	1	6,717
Nitrogen	N ₂	28,02	78,03				21,848
Argon	A	40,0	0,94		3,76	3,31	0,376
Karbon dioksida	CO ₂	44,0	0,03	76,8			0,013
Gas Lain	-	-	0,01				-
Total Udara	-	28,95	100,00	100,0	4,76	4,311	28,95

Bahan bakar yang lazim digunakan pada mesin sepeda motor adalah bensin (premium). Rumus kimia dari bensin adalah C_nH_m, dengan perbandingan atom hidrogen dan karbon $1,6 < H/C < 2,1$. Adapun reaksi pembakaran bahan bakar hidrokarbon secara umum adalah: $C_nH_m + (n+m/4) (O_2 + 3,773 N_2) \rightarrow nCO_2 + m/2 H_2O + 3,773(n+m/4) N_2$. Persamaan reaksi kimia di atas menunjukkan reaksi pembakaran yang sempurna dari 1 mol bahan bakar. Selama proses pembakaran, senyawa hidrokarbon terurai menjadi senyawa-senyawa hidrogen dan karbon yang masing-masing bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ dan H₂O. Pada saat proses pembakaran dimana terdapat kelebihan udara, $\alpha > 1$, hasil pembakaran akan mengandung O₂. Maka reaksi pembakaran di atas akan berubah menjadi $C_nH_m + (n+m/4) (O_2 + 3,773 N_2) \rightarrow nCO_2 + m/2 H_2O + xO_2 + 3,773 (n+m/4) N_2$. Dimana: α = koefisien kelebihan udara, X = jumlah mol pada sisa oksigen = $0,5 [2 (n+m/4) - (2n+m/2)]$. Untuk komposisi campuran bahan bakar dan udara dimana $\alpha < 1$, maka akan terjadi kekurangan O₂ untuk proses pembakaran. Sehingga membuat reaksi pembakaran berlangsung tidak sempurna. Akibat kekurangan ini, akan terbentuk gas CO serta terdapat sisa gas H₂ dan

hidrokarbon HC yang belum sempat terbakar. Reaksi ini dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Jumlah mol dari masing-masing gas buang tersebut dapat diketahui melalui pengukuran dan analisa gas buang. Nitrogen tidak berperan pada proses pembakaran, namun pada temperatur yang tinggi nitrogen akan bereaksi membentuk senyawa NO. Setelah proses pembakaran, NO ini masih bereaksi dengan oksigen membentuk NO₂, yang merupakan gas berbahaya bagi kesehatan.

2.2.4 Cara kerja motor 4 langkah

1) Langkah hisap

Langkah yang pertama dalam cara kerja motor 4 tak adalah langkah hisap. Langkah ini bertujuan untuk memasukkan campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder. Langkah hisap ini juga disebut dengan intake stroke. Pada saat mesin mengalami langkah ini maka yang terjadi adalah :

- Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup
- Piston bergerak turun dari TMA (Titik mati atas) ke TMB (Titik mati bawah)
- Campuran udara dan bahan bakar akan masuk ke dalam ruang bakar dalam silinder

Pada langkah hisap ini katup hisap dalam kondisi membuka, dan torak bergerak turun sehingga campuran udara dan bahan bakar akan terhisap yang kemudian masuk ke dalam ruang bakar (silinder mesin). Kenapa udara dan bahan bakar bisa masuk ke dalam ruang bakar? Alasannya adalah ketika kondisi katup terbuka dan piston atau torak ini bergerak turun maka ruangan yang berada di atas piston menjadi vakum (tekanannya rendah/dibawah 1 atm) sehingga campuran udara dan bahan bakar yang memiliki tekanan lebih tinggi (kurang lebih 1 atmosfer) akan masuk ke dalam silinder. Ada juga yang mengatakan terhisap masuk ke dalam silinder. Ini juga sesuai dengan hukum alam bahwa udara akan berhembus dari tekanan rendah ke tekanan tinggi.

2) Langkah kompresi (compression)

Langkah selanjutnya setelah langkah hisap adalah langkah kompresi. Langkah ini bertujuan agar tekanan dari campuran dan bahan bakar meningkat, sehingga akan lebih mudah terbakar dan tenaga yang dihasilkan dapat lebih besar / maksimal. Pada langkah kompresi yang terjadi adalah :

- Kedua katup (katup hisap dan buang) dalam keadaan menutup

- Piston bergerak naik dari TMB ke TMA
- Campuran udara dan bahan bakar ditekan (dimampatkan) sehingga tekanannya naik

Poros engkol sudah berputar satu kali (360 derajat) untuk melakukan 2 langkah (langkah hisap dan langkah kompresi).

3) Langkah usaha

Setelah langkah kompresi maka akan lanjut kedalam langkah usaha. Langkah ini merupakan langkah yang akan menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Pada langkah ini yang terjadi adalah :

- Kedua katup dalam keadaan menutup
- Busi (spark plug) memercikkan bunga api
- Terjadi ledakan yang membuat piston bergerak turun dari TMA ke TMB

Di dalam kendaraan tertutama pada sistem pengisian dikenal komponen yang namanya busi. Busi atau spark plug ini berfungsi untuk memercikkan bunga api guna membakar campuran udara dan bahan bakar yang telah dikompresi. Busi akan memercikkan bunga api sesaat beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA (sebelum akhir langkah kompresi). Setelah busi meloncatkan bunga api, maka campuran udara dan bahan bakar akan meledak dan menghasilkan usaha yang besar, piston pun bergerak turun. Dari langkah usaha ini tenaga yang dihasilkan akan dirubah sedemikian rupa untuk menggerakkan kendaraan. Tenaga yang dihasilkan juga membuat piston dapat bergerak naik turun untuk menyelesaikan satu siklusnya (artinya dalam langkah hisap, langkah kompresi, langkah buang piston bergerak karena adanya tenaga yang dihasilkan pada saat langkah usaha).

4) Langkah buang

Setelah melakukan langkah usaha maka selanjutnya adalah langkah buang. Langkah ini bertujuan untuk membuang sisa-sisa gas hasil pembakaran. Dalam langkah ini yang terjadi adalah :

- Katup hisap menutup dan katup buang membuka
- Piston bergerak naik dari TMB ke TMA
- Gas buang sisa hasil pembakaran akan keluar dan dibuang melalui knalpot.

Dalam langkah ini gas sisa hasil pembakaran akan disalurkan melalui exhaust manifold dan akhirnya akan keluar ke udara bebas melalui knalpot.

Pada langkah usaha dan buang, poros engkol berputar 1 putaran. Jadi kalau ditotal dalam satu siklus poros engkol akan berputar 2 kali untuk motor 4 tak. Setelah melakukan langkah buang ini, akan kembali lagi ke langkah hisap, dan begitu seterusnya.

2.2.5 Perhitungan motor 4 langkah

Perhitungan ini untuk mengetahui seberapa besar efisiensi dari sebuah kendaraan, seberapa besar Daya yang dihasilkan Mesin Motor Bakar berdasarkan Perhitungan Matematis dan Daya yang tersalurkan ke Roda pada kendaraan.

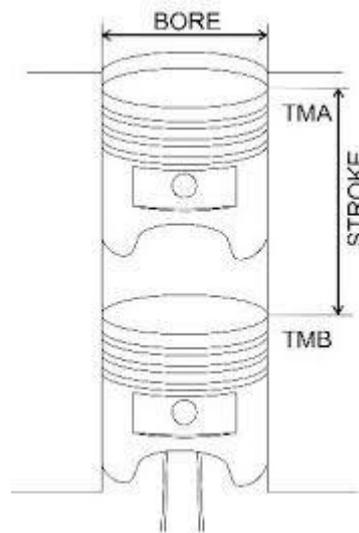
Kumpulan data sebagai berikut :

1. Tekanan Rata Rata

Tekanan Rata Rata dapat diukur dengan alat Farnborough Tester. Alat ini mendeteksi perubahan tekanan dan menggambarkannya pada kertas, dari gambar yang telah dihasilkan dapat dihitung tekanan rata ratanya.

2. Panjang Langkah Piston

Panjang Langkah Piston adalah jarak antara piston saat berada di TMA dan TMB. panjang langkah piston biasanya disertakan dalam brosur.



Gambar 2.6 Panjang langkah piston
(sumber : <https://id.wikipedia.org>)

3. Luas Permukaan Piston

Luas permukaan piston dapat dicari dengan rumus :

$$\frac{\pi}{4} \times D^2 \quad (D = \text{Diameter silinder})$$

4. Langkah usaha Per-Menit

Langkah usaha permenit pada motor 2 tak adalah sama dengan RPM, karena setiap satu kali putaran (360 derajat) poros engkol juga terjadi satu kali langkah usaha. namun pada motor 4 tak langkah usaha permenit adalah setengah dari RPM, karena 1 kali langkah usaha membutuhkan dua 360 derajat putaran poros engkol.

5. Jumlah Silinder

Jumlah silinder adalah banyaknya Silinder pada mesin tersebut. Setelah data data diatas diperoleh, mari kita mulai menghitungnya. Pertama,kita cari besar gaya yang mendorong piston dengan rumus berikut :

$$F = \text{tekanan rata-rata} \times \text{luas piston}$$

$$F = P_m \times A$$

$$F = \text{Gaya yang mendorong piston (N)}$$

$$P_m = \text{tekanan rata-rata didalam silinder (Pa = N/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{luas permukaan piston (m}^2\text{)}$$

Kedua, cari besar langkah usaha yang terjadi setiap satu kali langkah usaha dengan rumus berikut :

$$W = \text{Gaya} \times \text{jarak}$$

$$W = F \times L$$

$$W = \text{Usaha (Nm)}$$

$$F = \text{Gaya yang mendorong piston (N)}$$

$$L = \text{Panjang Langkah (m)}$$

Ketiga, cari besar langkah usaha permenit dengan rumus :

$$\text{Usaha per menit} = \text{Usaha tiap 1 langkah usaha} \times \text{jumlah langkah usaha per menit}$$

$$\text{Usaha Permenit} = \text{Nm/Menit atau J/Menit}$$

$$\text{Usaha tiap 1 langkah usaha} = \text{Nm / Joule}$$

Terakhir kita cari Daya mesinya, karena daya adalah jumlah usaha selama satu detik maka :

$$\text{Daya} = \frac{\text{Usaha Permenit}}{60}$$

Daya = watt
 Usaha Permenit = Nm/s atau J/s

atau dengan rumus singkat :

$$P = \frac{P_m L A N K}{2 \times 60}$$

- P (4 tak) = daya indicator 4 tak watt
- P_m = tekanan rata-rata N/ m²
- L = panjang langkah m
- A = luas permukaan piston m²
- N = putaran mesin Rpm
- K = jumlah silinder

$$P = \frac{P_m L A N K}{60}$$

- P = daya indicator 2 tak watt
- P_m = tekanan rata-rata N/ m²
- L = panjang langkah m
- A = luas permukaan piston m²
- N = putaran mesin rpm
- K = jumlah silinder

untuk murubah ke HP tingaal dibagi 745,7 ya, karena 1 HP = 745,7 watt.

2.2.6 Perhitungan unjuk kerja motor 4 tak

a. Torsi (T)

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Untuk mengetahui besarnya torsi adalah dengan menggunakan *dynamometer* atau dengan rumus :

$$T = F \cdot l \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- T = Momen Torsi (Nm)
- m = Massa yang terukur dalam dynamometer (kg)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- l = Panjang lengan pada *dynamometer* (m)

b. Daya (P)

Daya adalah kerja yang dihasilkan sebuah mesin, pada putaran tertentu, dalam suatu percobaan. Besarnya daya diketahui dengan menggunakan *dynamometer* atau dengan rumus :

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60000} \text{ (kW) (2)}$$

Dimana :

P = Daya mesin (kW)

N = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi (Nm)

c. **Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**

SFC adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar satu kW selama satu jam, dirumuskan :

$$SFC = \frac{m_f}{P} \text{ (kg / kWh)(3)}$$

$$mF = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \text{ (kg/h)(4)}$$

Dimana :

mF = Konsumsi bahan bakar (kg/h)

P = Daya (kW)

b = Volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)

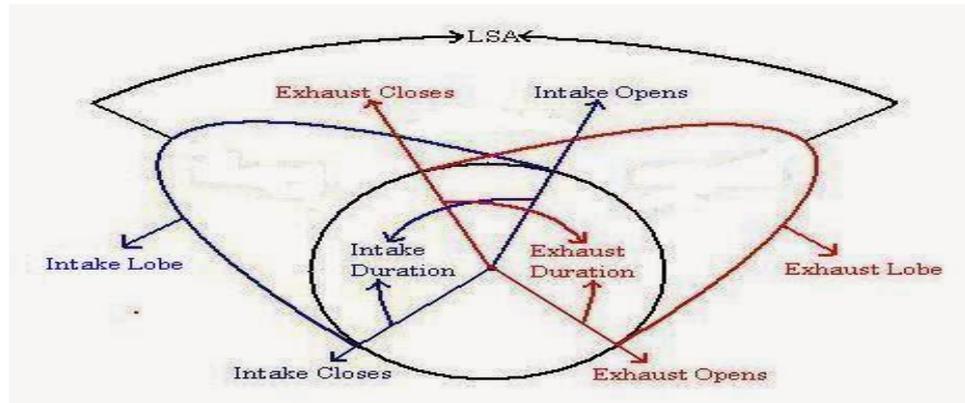
t = Waktu yang diperlukan untuk mengosongkan buret (s)

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

2.3 Camshaft

Fungsi dari camshaft ini adalah sebagai pengatur waktu pembukaan dan penutupan katup masuk/hisap dan katup buang.

Menurut *Des Hammill (How To Choose Camshaft And Time Them For Maximum Power, 1998)*, ada beberapa bagian lobe pada individu camshaft yang harus jelas dibedakan antara satu dengan yang lain, karena *lobe* dibagi menjadi masing- 3 7 masing bidang yang berbeda, yaitu : *heel* (tumit), *nose* (hidung), *base circle* (lingkaran dasar), *opening and closing ramps* (titik waktu buka dan tutup) dan *flanks* (sayap)



Gambar 2.7 bentuk camshaft dan LSA
(Sumber : <https://cuutex.blogspot.com>)

Istilah-istilah yang dipakai pada camshaft menurut *DesHammill (How To Choose Camshaft And Time Them For Maximum Power, 1998)*, yaitu :

a. Duration

Duration atau durasi adalah angka derajat yang menunjukkan lama katup membuka atau saat dimana katup terangkat dari kedudukan katupnya di dalam mesin empat langkah. Derajat durasi camshaft selalu diukur dalam derajat putaran crankshaft.

b. Phasing

Phasing adalah *lobe centre angle (LCA)* atau *lobe separation angle (LSA)*, yaitu sudut antara titik angkat penuh katup hisap dan titik angkat penuh katup buang.

c. Valve Lift

Valve lift yaitu maksimum tinggi angkatan katup (jarak maksimum antara katup dan kedudukan katup). Hal ini sangat bervariasi antara profil *camshaft* satu dengan yang lainnya, dari tipe mesin satu dengan tipe mesin lainnya.

d. Camshaft Lobe Lift

Camshaft lobe lift adalah maksimum tinggi angkatan pada camshaft. Tinggi angkatan pada camshaft (*Camshaft Lobe Lift*) tidak sama dengan tinggi angkatan katup (*valvelift*), walaupun untuk tipe-tipe tertentu ada yang sama, dikarenakan adanya sistem rasio pada *rocker arm*.

e. Overlap

Overlap adalah waktu dimana posisi katup hisap dan katup buang terbuka bersamaan. *Overlap* terjadi pada saat katup buang akan menutup dan katup hisap mulai membuka, yaitu disaat akhir langkah buang dan disaat awal langkah hisap.

f. Lift Rate

Lift rate adalah kecepatan rata-rata katup terangkat dari dudukannya dan kemudian kembali pada dudukannya per derajat putaran crankshaft.

g. Valve Clearance

Valve clearance adalah jarak yang terjadi antara *camshaft* dengan *rocker arm*.

h. Full Lift

Full lift adalah tinggi angkat penuh *camshaft*. Apabila dilihat dari profil *camshaft* maka tinggi angkat penuh *camshaft* berada pada titik tengah *nose* (hidung). Tinggi angkat penuh *camshaft* berhubungan dengan tinggi angkat penuh katup.

i. Camshaft Profile

Camshaft profile atau bentuk *camshaft* merupakan satu hal yang mempunyai peranan penting dalam unjuk kerja mesin. Hal ini dikarenakan profil atau bentuk *camshaft* adalah semacam rel tempat berjalannya *rocker arm*. Sehingga jika dilihat dalam bentuk grafik, profil *camshaft* merupakan pembentuk kurva durasi buka tutup katup.

2.3.1 Cara Kerja Camshaft

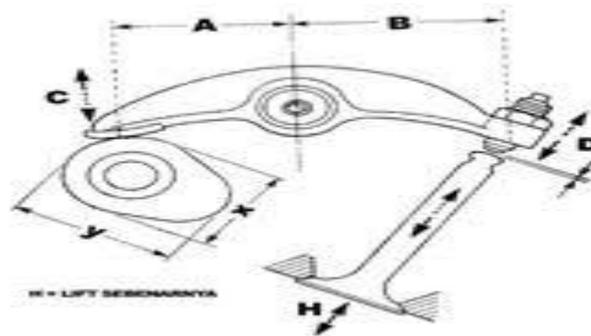
Waktu pembukaan katup pada siklus ideal yaitu pada saat dimana piston di titik mati atas ataupun bawah, namun beberapa halangan menyebabkan mereka tidak mungkin membuka pada saat-saat tersebut, namun harus dibuka atau ditutup sebelum dan sesudah titik mati. Ada dua faktor utama yang menyebabkan yaitu mekanikal dan dinamik.

Faktor mekanikal, katup-katup dibuka dan ditutup oleh mekanisme cam yang mana disana terdapat celah antara cam, tappet dan katup yang harus diangkat secara perlahan untuk menghindarkan keausan dan suara berisik, dengan alas an yang sama katup tidak boleh ditutup secara mendadak, atau akan terjadi bouncing, sehingga bentuk dari kontur harus sedemikian rupa sehingga tidak terjadi bouncing. Dengan demikian, maka jelas bahwa terbuka dan tertutupnya katup membutuhkan derajat engkol yang lebih lama dari

yang disediakan 90°, yaitu sekian derajat sebelum dan sekian derajat sesudah titik mati. Ini berlaku baik untuk katup masuk maupun katup buang.

Faktor dinamik, selain masalah mekanikal untuk membuka dan menutup katup maka yang diperhatikan disini adalah akibat aliran dinamik gas yang terjadi pada katup.

2.3.2 Perhitungan bukaan angkatan klep dari camshaft



Gambar 2.8 angkatan bukaan klep
(sumber : <http://motorplus.com>)

Mengambil rumus atau hitungan bukaan klep dari YMC (Yamaha Motor Co), Ltd, Jepang. Sebagai berikut :

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

H = Tinggi angkatan klep (mm)

A = Panjang lengan rocker-arm yang menyentuh camshaft

B = Panjang lengan rocker-arm yang menyentuh klep

C = Tinggi bubungan camshaft (mm)

D = Celah klep (mm)

Contoh perhitungan tinggi angkatan/bukaan klep buang yang di ambil dari motor suzuki shogun 110cc dan motor yamaha jupiter-z 110cc.

1. Motor suzuki shogun

Diketahui :

A : 21 mm

B : 30 mm

C : tinggi cam total 27,25 mm, diameter pinggang cam 23 mm. Maka, $C = 27,25 - 23 = 4,25$ mm

D : 0,05 mm

Ditanya : ... H ?

Jawab

$$H = 4,25 \cdot \frac{30}{21} - 0,05 = 6,02 \text{ mm}$$

Jadi tinggi angkatan klep adalah 6,20 mm.

2. Motor yamaha jupiter-z

Diketahui :

A : 21,5 mm

B : 28 mm

C : tinggi cam total 25,8 mm, diameter pinggang cam 21 mm.
Maka, $C = 25,8 - 21 = 4,8$ mm

D : 0,05 mm

Ditanya : ... H ?

Jawab

$$H = 4,8 \cdot \frac{28}{21,5} - 0,05 = 6,20 \text{ mm}$$

Jadi tinggi angkatan klep adalah 6,20 mm.

2.3.3 Parameter Pengukur Tenaga Mesin Dinamometer

Sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tenaga atau daya yang dikeluarkan atau dihasilkan dari suatu mesin kendaraan bermotor. Dynamometer atau dynotest, adalah sebuah alat yang juga digunakan untuk mengukur putaran mesin/RPM dan torsi dimana tenaga/daya yang dihasilkan dari suatu mesin

ataualat yang berputar dapat dihitung. Dynamometer menggunakan sensor untuk mengindikasikan kecepatan dan torsi. Untuk mengukur tenaga mesin secara langsung belum bisa digunakan. Dua metode yang biasa digunakan dalam industri mesin adalah:

1. Dynamometer mesin

Jika kita ingin mengetahui tenaga dari mesin, maka kita menggunakan dynamometer yang dikhususkan untuk mesin. Ini menyerupai pada manufaktur output shaft dari mesin kendaraan. Mesin diletakkan pada dudukan kemudian dihubungkan pada dynamometer, Biasanya menggunakan propeller shaft (askopel) yang dihubungkan pada bagian belakang dari poros engkol (atau pada roda gila). Hasil dari power yang diukur dengan cara ini umumnya disebut sebagai“flywhell power” dynamometer ini membutuhkan pengereman dimana digunakan untuk mengetahui torsi (atau beban) dari mesin tersebut. Pada saat mesin di tahap pada kecepatan tetap dengan beban yang diberikan oleh dynamometer kemudian torsi yang telah diberikan oleh dynamometer harus dengan tepat menyamakan dengan torsi yang dihasilkan oleh mesin, dari sini kita akan mendapatkan grafik torsi dari keseluruhan putaran mesin.

2.Rolling road Dynamometer (Chassis Dynamometer)

Rolling road dynamometer dipergunakan untuk mengukur daya output mesin dengan menguji kendaraan dalam bentuk seutuhnya, digunakan untuk mengetahui performa output, efficiency energy yang maksimum dan tingkat kebisingan. Penggunaan chassis dynamometer kini digunakan oleh manufaktur otomotif terkemuka dunia. Bagaimanapun juga, hal ini berarti gambaran power yang terbentuk akan lebih rendah dibandingkan dengan flywheel power karena adanya frictional losses pada transmisi dan ban.



Gambar 2.9 dynamometer/dynotest
(sumber : <https://otomotif.kompas.com>)

Cara kerja rolling road dynamometer:

Kendaraan dinaikkan keatas chassis dyno dan diletakkan roda di roller kemudian di ikat menggunakan strap. Beban pengereman dihasilkan oleh salah satu roller dengan menggunakan hidrolik atau dengan system elektrik sama padaengine-dyno yang mengaplikasikan torsi pada cranksaft dari mesin. Perhitungan umum yang sama, $BHP = \text{torsi (ft/lbs)} \times \text{rpm}/5252$, bisa digunakan untuk menghitung bhp pada roller dengan mengetahui torsi dan rpm pada roller (bukan rpm pada mesin). Namun masalah besar yang kita hadapi pada dynamometer tipe ini adalah bila terjadi slip pada ban, oleh karena itu kita harus menggunakan ban yang lebar dan tekanan yang tepat.

2.4 SPESIFIKASI MOTOR (X) 100CC



Gambar 2.10 mesin motor (X) 100 cc
(sumber : gambar pribadi)

Tabel 2.2 spesifikasi motor (X) 100cc

* Mesin	4 langkah, OHC (Overhead Camsaft)
* Sistem pendinginan	Udara
* Isi silinder	97.2 cc
* Sistem bahan bakar	Karburator
* Diameter x langkah (bore x stroke)	50 x 49.5 mm
* Rasio kompresi	8.8:1
* Power maskimal	10.8 HP / 8000 rpm
* Torsi maksimal	-
* Kopling	Manual tipe basah, double clutch
* Transmisi	Manual, 4 percepatan (1-N-2-3-4)
* Kapasitas tangki	8 liter
* Kapasitas oli mesin	0.9 liter

* Sistem pengapian	AC-CDI
* Battery (accu / aki)	-
* Busi	-
* Starter	Kick starter

BAB III

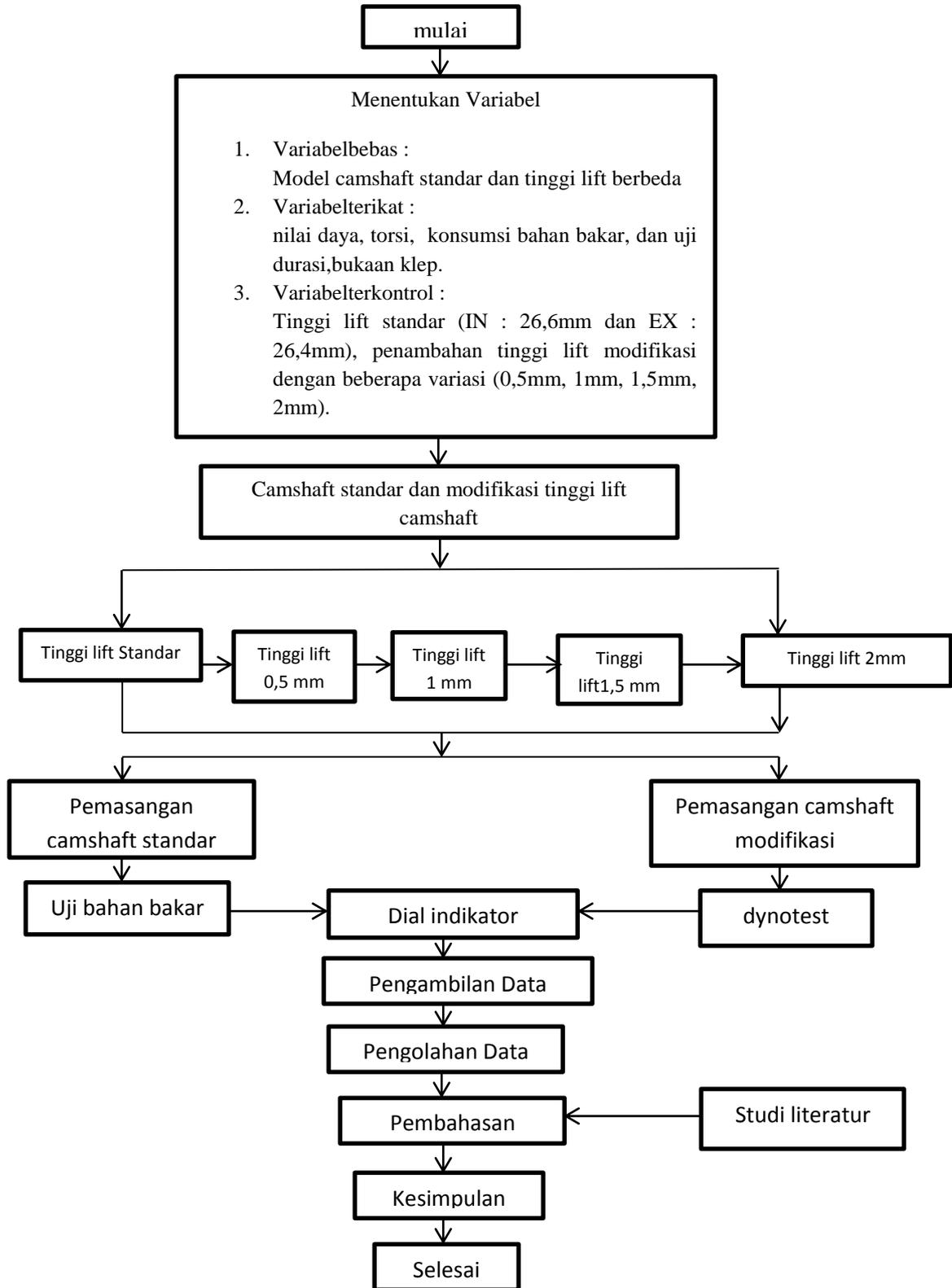
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai maka dalam penelitian ini akan digunakan metode penelitian eksperimental yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok dengan perlakuan baru dengan satu atau lebih kelompok lain tanpa perlakuan sebagai control atau pembanding. Pada eksperimen ini pengujian dilakukan dengan memvariasikan model variasi dari tinggi lift camshaft. Jenis pengujian yang dilakukan adalah uji dinamometer. Mesin atau motor diletakkan pada dudukan kemudian dihubungkan pada dynamometer.

3.2 Diagram alir penelitian

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian maka dibuat diagram alir penelitian seperti ditunjukkan gambar :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Besar variabel bebas dapat kita tentukan, berfungsi sebagai sebab dalam penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah penggunaan model camshaft standard memiliki tinggi lift (IN : 26,6mm dan ex : 26,4mm) camshaft modifikasi tinggi lift dari variasi (0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm).

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel dengan besar nilai tergantung dari nilai variabel bebas dan besar variabel terikat dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Dalam penelitian, yang menjadi variabel terikat adalah nilai daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dan dial indikator menghitung (durasi) klep.

3. Variabel Terkontrol

Variabel Terkontrol adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian dan nilainya dijaga tetap selama pengujian berlangsung adalah pada penggunaan model camshaft standard memiliki tinggi lift (IN : 26,6mm dan ex : 26,4mm) dan camshaft modifikasi tinggi lift dengan variasi penambahan (0,5mm, 1mm, 1,5mm, 2mm) pada putaran mesinnya yaitu sama dari kondisi putaran mesin 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000rpm.

Nilai variabel terkontrol yang telah ditentukan dapat dinyatakan dalam suatu tabel berikut :

Tabel 3.1 Pengujian penggunaan model camshaft standar

Tinggi lift camshaft standar (IN : 26,6mm dan ex : 26,4mm)		
Putaran Mesin (rpm)	Bahan Bakar (ml)	Waktu (s)
2000		
3000		
4000		
5000		
6000		

Tabel 3.2 Pengujian penggunaan model camshaft modifikasi tinggi lift

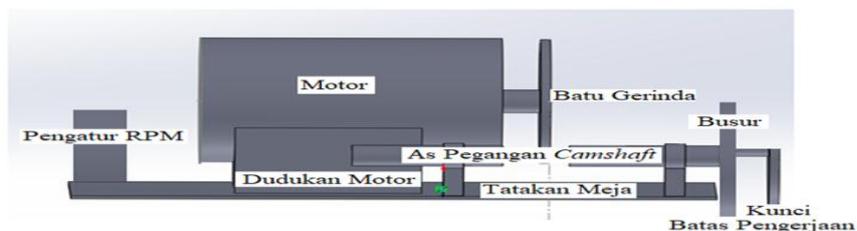
Tinggi lift camshaft penambahan 0,5 mm		
Putaran mesin (rpm)	Bahan Bakar (ml)	Waktu (s)
2000		
3000		
4000		
5000		
6000		

Tinggi lift camshaft penambahan 1 mm		
Putaran mesin (rpm)	Bahan Bakar (ml)	Waktu (s)
2000		
3000		
4000		
5000		
6000		

Tinggi lift camshaft penambahan 1,5 mm		
Putaran mesin (rpm)	Bahan Bakar (ml)	Waktu (s)
2000		
3000		
4000		
5000		
6000		

Tinggi lift camshaft penambahan 2 mm		
Putaran mesin (rpm)	Bahan Bakar (ml)	Waktu (s)
2000		
3000		
4000		
5000		
6000		

3.4 Cara kerja mesin modifikasi camshaft



Gambar 3.2 keterangan mesin modifikasi camshaft
(sumber gambar pribadi)

Sumber energi menggunakan motor listrik untuk menggerakkan pulley yang ditransfer menggunakan belt yang sudah ditentukan terlebih dahulu dalam menggunakan sistem transmisi agar putarannya sesuai, kemudian ada busur drajat digunakan untuk menentukan profil camshaft yang kita inginkan dengan angka durasi, setelah itu kita cekam pada alat cekam yang ada pada mesin ini. Untuk mengikis *camshaft* digunakan kertas gosok kasar, setelah mendapatkan bentuk profil yang diinginkan untuk finishing digunakan kertas gosok yang halus.

3.5 Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di rully dynotest, jl. Palingma sudirman, no.93 kota kediri, jawa timur.

3.6 Alat dan Bahan

3.6.1 Alat

1. Dynamometer/dynotest
adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi, kecepatan, dan daya.



Gambar 3.3 mesin dynotest
(sumber gambar pribadi)

2. Tools set
alat untuk membongkar dan memasang komponen mesin.



Gambar 3.4 kunci tool set
(sumber gambar pribadi)

3. Busur drajat dan Dial indikator
Alat untuk mengetahui bukaan tinggi klep dan durasi.



Gambar 3.5 dial indikator dan busur drajat
(sumber gambar pribadi)

4. Mesin modifikasi camshaft
Alat untuk memodifikasi tinggi lift camshaft.



Gambar 3.6 mesin modifikasi camshaft
(sumber gambar pribadi)

5. Jangka sorong
Alat untuk mengukur tinggi lift camshaft dari luar.



Gambar 3.7 jangka sorong
(sumber gambar pribadi)

6. Kipas blower
Alat untuk mendinginkan mesin motor.



Gambar 3.8 Kipas blower
(sumber gambar pribadi)

7. Gelas ukur
Alat untuk mengukur bahan bakar.



Gambar 3.9 gelas ukur
(sumber gambar pribadi)

8. Tangki bahan bakar
Alat untuk mengukur bahan bakar yang langsung dialirkan ke mesin motor.



Gambar 3.10 tangki bahan bakar
(sumber gambar pribadi)

3.6.2 Bahan

1. Camshaft standar tinggi lift (IN : 26,6mm dan ex : 26,4mm)



Gambar 3.11 camshafft standar
(sumber gambar pribadi)

2. Camshaft modifikasi

- o Camshaft standar penambahan tinggi lift (0,5mm)



Gambar 3.12 camshaft standar penambahan tinggi lift 0,5mm
(sumber gambar pribadi)

- Camshaft standar penambahan tinggi lift (1mm)



Gambar 3.13 camshaft standar penambahan tinggi lift 1mm
(sumber gambar pribadi)

- Camshaft standar penambahan tinggi lift (1,5mm)



Gambar 3.14 camshaft standar penambahan tinggi lift 1,5mm
(sumber gambar pribadi)

- Camshaft standar penambahan tinggi lift (2mm)



Gambar 3.15 gambar camshaft standar penambahan tinggi lift 2mm
(sumber gambar pribadi)

3. Sepeda motor honda win 100cc



Gambar 3.16 gambar motor honda win 100cc
(sumber gambar pribadi)

4. Packing blok mesin
5. Kertas amplas
6. Obat skur klep
7. Pelumas (oil)
8. Bahan bakar pertalite

3.7 Sistematika Penelitian

Dalam pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menentukan variabel, yang dilakukan yaitu segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan dalam penelitian yang berbentuk apa saja agar nantinya ditetapkan untuk dipelajari sehingga bisa diperoleh

informasi tentang hal dari pengujian tersebut. Variabel yang digunakan yaitu :

- Variabel bebas :
Model camshaft standar dan tinggi lift berbeda
 - Variabel terikat :
nilai daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dial indikator dan busur drajat.
 - Variabel terkontrol :
Variasi penambahan tinggi lift 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, pada putaran mesinnya yaitu sama dari kondisi putaran mesin 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm, 6000rpm.
- b. Memodifikasi camshaft standar dan menaikkan tinggi lift dengan variasi tinggi lift dari 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, dengan proses modifikasi menggunakan mesin modifikasi camshaft.
- c. Melakukan pengujian di Engine Standar Mesin Bensin (Honda win 100 cc) untuk mendapatkan data-data mengenai :
- Nilai Daya
 - Torsi
 - Konsumsi bahan bakar
 - Dial indikator dan busur drajat

Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan camshaft yang standar, kemudian dilakukan pemasangan camshaft modifikasi.

- d. Pengambilan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian.
- e. Pengolahan data yaitu data yang telah dihasilkan kemudian disusun menjadi lebih sempurna atau teratur sesuai dengan yang diinginkan. Dalam bentuk sebuah tabel, dalam hal ini hasil dari data-data hasil pengujian meliputi :
- Daya
 - Torsi
 - Konsumsi bahan bakar
 - Dial indikator dan busur drajat

Untuk pengujian daya, torsi, menggunakan mesin dinamometer/dynotest, sedangkan untuk mengukur konsumsi bahan bakar digunakan tangki ukur dan stopwatch, serta busur derajat dan dial indikator untuk mengetahui tinggi lift terbuka dan durasi dari setiap camshaft.

- f. Pembahasan, dalam tahap ini akan dilakukan pembahasan terhadap hasil yang didapat dari pengujian.
- g. Kesimpulan, dalam hal ini pengujian yang telah dianalisa kemudian dirangkum dalam sebuah kesimpulan.

3.8 Prosedur Pengujian

Kegiatan persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengujian dimaksudkan untuk memperoleh data terukur yang lebih akurat dan presisi. Persiapan-persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat uji seperti :

1. Pemeriksaan kondisi mesin motor secara umum dan pemeriksaan sistem pengapian, saluran bahan bakar yang terhubung dengan tangki serta saluran gas buang.

Melakukan kalibrasi pada alat-alat yang akan digunakan seperti dinamometer, dialindikator agar didapatkan hasil daya dan torsi yang sesuai dalam satuan (kg).

BAB IV

PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengolahan data

Setelah melakukan pengujian didapatkan data – data dari camshaft standar dan camshaft modifikasi tinggi lift mulai dari penambahan 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, dari tinggi lift camshaft standar mempunyai ukuran lift intake 26,6 mm dan lift exhaust 26,4 mm. Dalam pengujian ini dilakukan terhadap pengujian daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Dan didapatkan hasil pengujian daya dan torsi menggunakan mesin dynotest, serta pengujian bahan bakar menggunakan tangki gelas ukur memperoleh hasil sebagai berikut :

4.2 Torsi dan Daya

Untuk mengetahui nilai maksimal dari daya dan torsi setelah melakukan perubahan pada camshaft standar dan camshaft modifikasi tinggi lift mendapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Camshaft standar dengan tinggi lift (IN : 26,6mm dan EX : 26,4mm)

Setelah dilakukan pengujian pada sepeda motor dinaikan keatas mesin dynotest, hasil dari 3.000 rpm sampai 10.000 rpm mendapatkan hasil maksimal pada 7.202 (rpm) mendapatkan nilai daya 7.068 (HP) dan torsi pada nilai 0.81 (KG*M).

- b. Camshaft standar dengan penambahan tinggi lift 0,5mm (IN : 27,1mm dan EX : 26,9mm)

Setelah dilakukan pengujian pada sepeda motor dinaikan keatas mesin dynotest, hasil dari 3.000 rpm sampai 10.000 rpm mendapatkan hasil maksimal pada 8099 (rpm) mendapatkan nilai daya 7.471 (HP) dan torsi pada nilai 0.81 (KG*M).

- c. Camshaft standar dengan penambahan tinggi lift 1mm (IN : 27,6mm dan EX : 27,4mm)

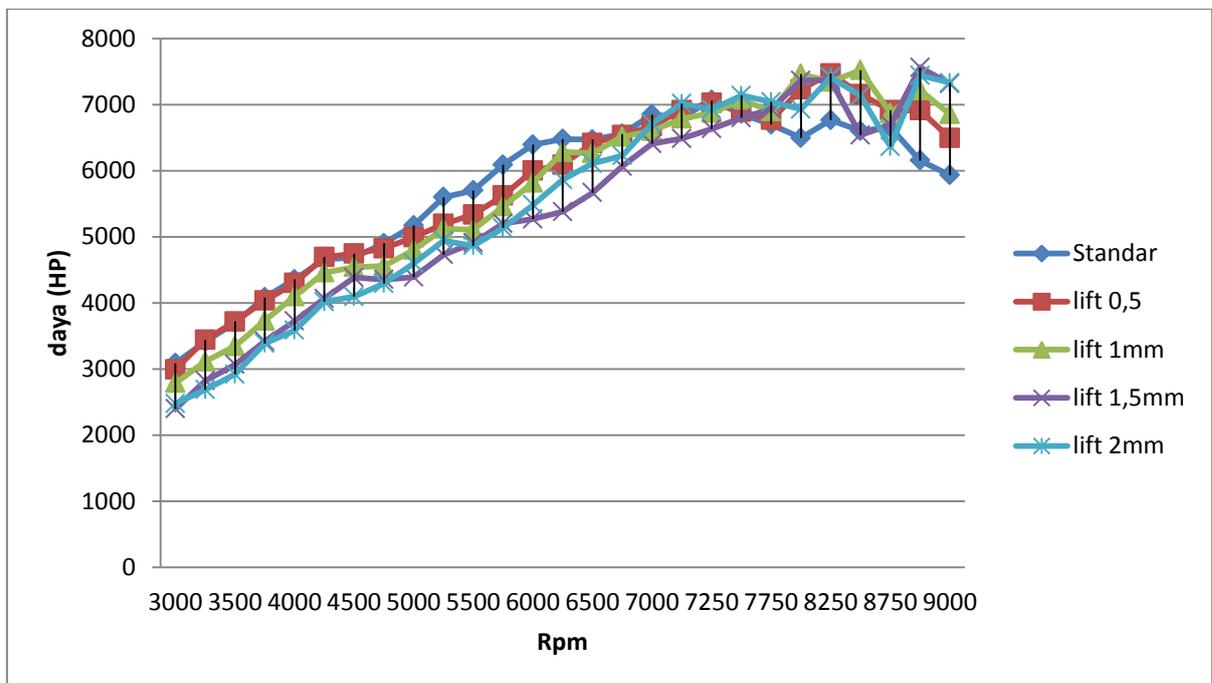
Setelah dilakukan pengujian pada sepeda motor dinaikan keatas mesin dynotest, hasil dari 3.000 rpm sampai 10.000 rpm mendapatkan hasil maksimal pada 8.405 (rpm) mendapatkan nilai daya 7.522 (HP) dan torsi pada nilai 0.76 (KG*M).

- d. Camshaft standar dengan penambahan tinggi lift 1,5mm (IN : 28,1mm dan EX : 27,9mm)

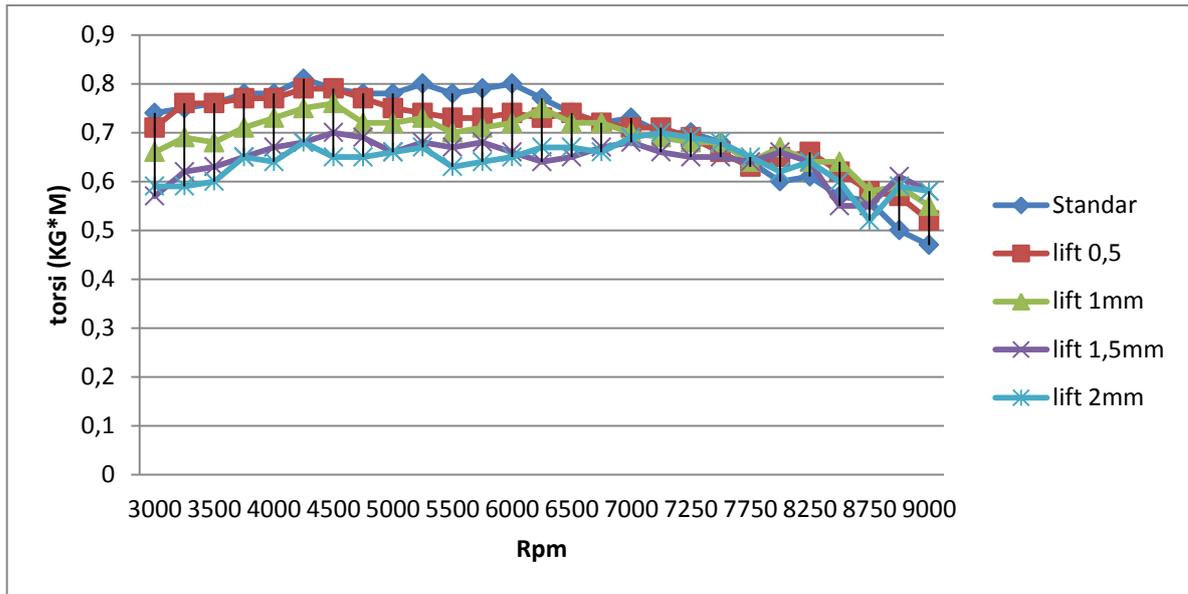
Setelah dilakukan pengujian pada sepeda motor dinaikan keatas mesin dynotest, hasil dari 3.000 rpm sampai 10.000 rpm mendapatkan hasil maksimal pada 8.957 (rpm) mendapatkan nilai daya 7.562 (HP) dan torsi pada nilai 0.70 (KG*M).

- e. Camshaft standar dengan penambahan tinggi lift 2mm (IN : 28,6mm dan EX : 28,4mm)

Setelah dilakukan pengujian pada sepeda motor dinaikan keatas mesin dynotest, hasil dari 3.000 rpm sampai 10.000 rpm mendapatkan hasil maksimal pada 9.034 (rpm) mendapatkan nilai daya 7.450 (HP) dan torsi pada nilai 0.70 (KG*M).



Grafik 4.1 terhadap daya pada variasi tinggi lift



Grafik 4.2 torsi grafik torsi terhadap variasi tinggi lift

4.3 Konsumsi Bahan Bakar

Untuk mengetahui *fuel consumption* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$fc = \frac{vf \cdot 3600}{t \cdot 1000} = L/h$$

Dimana :

FC: *fuel consumption* (L/h)

Vf : Volume konsumsi (ml)

t : Waktu (s)

- Perhitungan *fuel consumption* camshaft standar (tinggi lift intake : 26,6 mm dan lift exhaust 26,4 mm) sebagai berikut :

Tabel 4.1 *fuel consumption* camshaft standar

No	Rpm	Bahan bakar (ml)	Waktu (s)
1	2000	10	141
2	3000	10	112
3	4000	10	101
4	5000	10	87
5	6000	10	71

Diketahui pada putaran 2000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 141 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{141 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,255 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 3000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 112 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{112 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,321 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 4000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 101 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{101 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,356 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 5000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 87 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{87 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,413 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 6000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 71 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{71 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,507 \text{ L/h}$$

- Perhitungan fuel consumption camshaft modifikasi penambahan tinggi lift 0,5 mm (tinggi lift intake : 27,1 mm dan lift exhaust 26,9 mm) sebagai berikut :

Tabel 4.2 fuel consumption camshaft modifikasi tinggi lift

No	Rpm	Bahan bakar (ml)	Waktu (s)
1	2000	10	139
2	3000	10	109
3	4000	10	98
4	5000	10	82
5	6000	10	68

Diketahui pada putaran 2000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 139 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{139 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,258 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 3000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 109 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{109 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,330 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 4000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 98 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{98 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,367 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 5000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 82 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{82 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,439 \text{ L/h}$$

Diketahui pada putaran 6000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 68 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{68 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,529 L/h$$

- Perhitungan fuel consumption camshaft modifikasi penambahan tinggi lift 1 mm (tinggi lift intake : 27,6 mm dan lift exhaust 27,4 mm) sebagai berikut :

No	Rpm	Bahan bakar (ml)	Waktu (s)
1	2000	10	136
2	3000	10	101
3	4000	10	95
4	5000	10	77
5	6000	10	65

Diketahui pada putaran 2000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 136 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{136 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,264 L/h$$

Diketahui pada putaran 3000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 101 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{101 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,356 L/h$$

Diketahui pada putaran 4000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 95 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{95 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,378 L/h$$

Diketahui pada putaran 5000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 77 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{77 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,467 L/h$$

Diketahui pada putaran 6000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 65 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{65 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,553 L/h$$

- Perhitungan fuel consumption camshaft modifikasi penambahan tinggi lift 1,5 mm (tinggi lift intake : 28,1 mm dan lift exhaust 27,9 mm) sebagai berikut :

No	Rpm	Bahan bakar (ml)	Waktu (s)
1	2000	10	136
2	3000	10	101
3	4000	10	93
4	5000	10	75
5	6000	10	63

Diketahui pada putaran 2000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 136 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{136 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,264 L/h$$

Diketahui pada putaran 3000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 101 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{101 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,356 L/h$$

Diketahui pada putaran 4000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 93 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{93 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,387 L/h$$

Diketahui pada putaran 5000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 75 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{75 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,48 L/h$$

Diketahui pada putaran 6000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 63 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{63 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,571 L/h$$

- Perhitungan fuel consumption camshaft modifikasi penambahan tinggi lift 2 mm (tinggi lift intake : 28,6 mm dan lift exhaust 28,4 mm) sebagai berikut :

No	Rpm	Bahan bakar (ml)	Waktu (s)
1	2000	10	134
2	3000	10	97
3	4000	10	85
4	5000	10	72
5	6000	10	58

Diketahui pada putaran 2000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 134 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{134 \cdot 1000} = L/h$$

$$= 0,268 L/h$$

Diketahui pada putaran 3000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 97 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{97 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,371L/h$$

Diketahui pada putaran 4000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 85 (s) maka fuel consumption adalah :

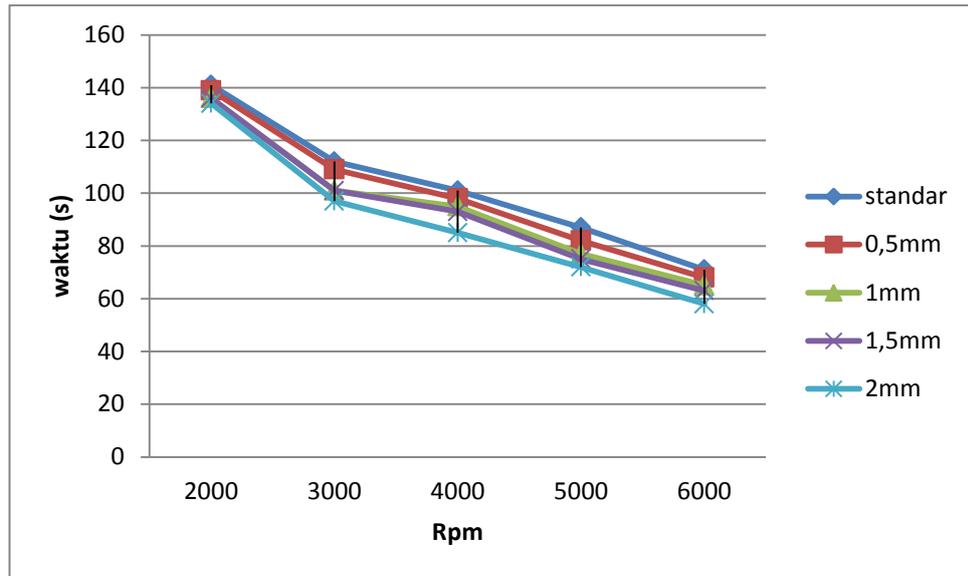
$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{85 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,423 L/h$$

Diketahui pada putaran 5000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 72 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{72 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,5 L/h$$

Diketahui pada putaran 6000 rpm untuk volume bahan bakar 10 ml waktu yang dibutuhkan 58 (s) maka fuel consumption adalah :

$$fc = \frac{10 \cdot 3600}{58 \cdot 1000} = L/h$$
$$= 0,620 L/h$$



Grafik 4.3 waktu dan rpm terhadap bahan bakar

4.4 Dial indikator dan Busur Drajat

Alat ini digunakan untuk mengetahui angka buka-tutup angkatan klep (durasi klep intake dan exhaust terbuka dan tertutup), mengetahui total durasi, lobe center (pusat bumbungan), lobe seperetion angle (LSA), dan overlapping. Untuk mengetahui hitungan semua angka yang ingin kita ketahui, menggunakan hitungan sebagai berikut :

- Durasi klep intake = in open + 180° + in close
Durasi klep exhaust = ex open + 180° + ex close
- Total durasi = durasi klep intake + durasi klep exhaust / 2
- Lobe center (pusat bumbungan)
 - Lobe center intake : durasi klep intake / 2 – buka intake (in open)
 - Lobe center exhaust : durasi klep exhaust / 2 – tutup exhaust (ex close)
- Lobe seperetion angle (LSA) = lobe center intake + lobe center exhaust / 2
- Overlapping = buka intake (in open) + tutup exhaust (ex close)

Untuk mengetahui hasil dari pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

- a) Camshaft standar :
 - tinggi lift in 26,6mm (bukaan 8°- menutup 46°)
 - tinggi lift ex 26,4mm (bukaan 23°- menutup 8°)

- Durasi klep in : $8^\circ + 180^\circ + 46^\circ = 234^\circ$
Durasi klep ex : $23^\circ + 180^\circ + 8^\circ = 211^\circ$
- Total durasi : $234^\circ + 211^\circ / 2 = 339,5^\circ$
- Lobe center (pusat bungkungan)
 - Lobe center intake : $234^\circ / 2 - 8^\circ = 109^\circ$
 - Lobe center exhaust : $211^\circ / 2 - 8^\circ = 97,5^\circ$
- Lobe seperetion angle (LSA) : $109^\circ + 97,5^\circ / 2 = 103,25^\circ$
- Overlapping : $8^\circ + 8^\circ = 16^\circ$

b) Camshaft standar penambahan tinggi lift 0,5mm :

- tinggi lift in 27,1mm (bukaan 10° - menutup 36°)
- tinggi lift ex 26,9mm (bukaan 23° - menutup 13°)

- Durasi klep in : $10^\circ + 180^\circ + 36^\circ = 226^\circ$
Durasi klep ex : $23^\circ + 180^\circ + 13^\circ = 216^\circ$
- Total durasi : $226^\circ + 216^\circ / 2 = 334^\circ$
- Lobe center (pusat bungkungan)
 - Lobe center intake : $226^\circ / 2 - 10^\circ = 103^\circ$
 - Lobe center exhaust : $216^\circ / 2 - 13^\circ = 95^\circ$
- Lobe seperetion angle (LSA) : $103^\circ + 95^\circ / 2 = 99^\circ$
- Overlapping : $10^\circ + 13^\circ = 23^\circ$

c) Camshaft standar penambahan tinggi lift 1mm :

- tinggi lift in 27,6mm (bukaan 12° - menutup 46°)
- tinggi lift ex 27,4mm (bukaan 30° - menutup 28°)

- Durasi klep in : $12^\circ + 180^\circ + 46^\circ = 238^\circ$
Durasi klep ex : $30^\circ + 180^\circ + 28^\circ = 238^\circ$

- Total durasi : $238^\circ + 238^\circ / 2 = 238^\circ$
- Lobe center (pusat bubungan)
 - Lobe center intake : $238^\circ / 2 - 10^\circ = 109^\circ$
 - Lobe center exhaust : $238^\circ / 2 - 13^\circ = 106^\circ$
- Lobe seperetion angle (LSA) : $109^\circ + 106^\circ / 2 = 107,5^\circ$
- Overlapping : $12^\circ + 28^\circ = 40^\circ$

d) Camshaft standar penambahan tinggi lift 1,5mm :

- tinggi lift in 28,1mm (bukaan 15° - menutup 41°)
- tinggi lift ex 27,9mm (bukaan 31° - menutup 12°)

- Durasi klep in : $15^\circ + 180^\circ + 41^\circ = 236^\circ$
Durasi klep ex : $31^\circ + 180^\circ + 12^\circ = 223^\circ$
- Total durasi : $236^\circ + 223^\circ / 2 = 229,5^\circ$
- Lobe center (pusat bubungan)
 - Lobe center intake : $236^\circ / 2 - 15^\circ = 103^\circ$
 - Lobe center exhaust : $223^\circ / 2 - 12^\circ = 99,5^\circ$
- Lobe seperetion angle (LSA) : $103^\circ + 99,5^\circ / 2 = 101,25^\circ$
- Overlapping : $10^\circ + 13^\circ = 23^\circ$

e) Camshaft standar penambahan tinggi lift 2mm :

- tinggi lift in 28,6mm (bukaan 17° - menutup 39°)
- tinggi lift ex 28,4mm (bukaan 30° - menutup 9°)

- Durasi klep in : $17^\circ + 180^\circ + 39^\circ = 236^\circ$
Durasi klep ex : $30^\circ + 180^\circ + 9^\circ = 219^\circ$
- Total durasi : $236^\circ + 219^\circ / 2 = 227,5^\circ$
- Lobe center (pusat bubungan)
 - Lobe center intake : $236^\circ / 2 - 17^\circ = 101^\circ$

- Lobe center exhaust : $219^\circ / 2 - 9^\circ = 100,5^\circ$
- Lobe separation angle (LSA) : $101^\circ + 100,5^\circ / 2 = 100,75^\circ$
- Overlapping : $17^\circ + 9^\circ = 26^\circ$

BAB V

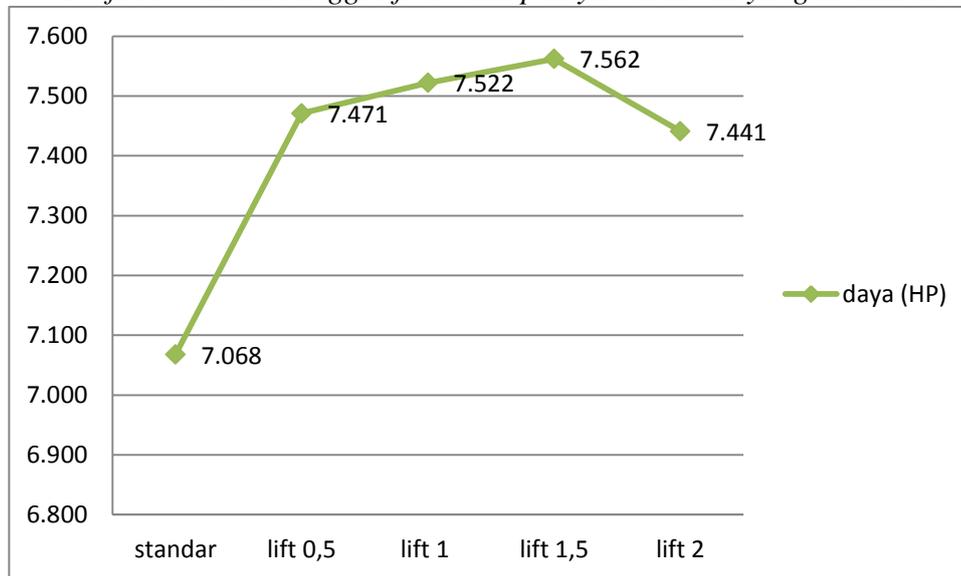
ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa pengaruh variasi tinggi lift terhadap daya

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya untuk mengetahui kinerja maksimal camshaft standar dan modifikasi variasi tinggi lift pada motor pembakaran dalam, diperlukan beberapa parameter unjuk kerja, antara lain daya dan torsi.

Untuk mempermudah analisa data-data dimodelkan dalam bentuk grafik, sebagai berikut :

Grafik 5.1 variasi tinggi lift terhadap daya maksimal yang dihasilkan



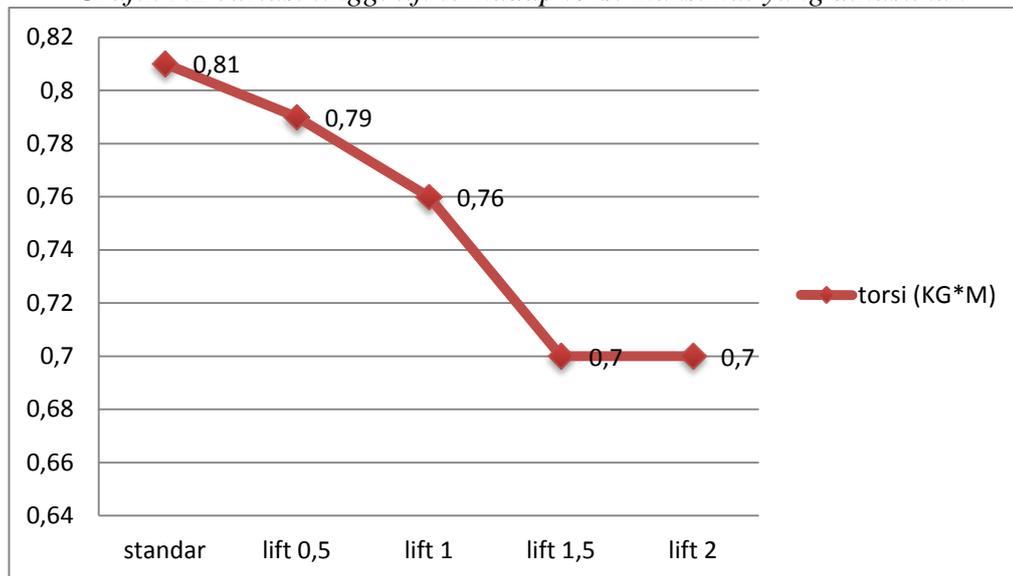
Dari grafik 5.1 menunjukkan bahwa camshaft model tinggi lift standar dan variasi tinggi lift mulai 0,5mm, 1mm, 1,5mm, 2mm. Mengalami kenaikan daya yang signifikan dari camshaft standar hanya memiliki daya (HP) maksimal 7.068 (HP), terus mengalami kenaikan pada variasi tinggi lift 0,5mm memiliki daya 7.471 (HP), tinggi lift 1mm memiliki daya 7.522 (HP), tinggi lift 1,5mm memiliki daya 7.562 (HP), sedangkan mengalami penurunan pada daya di tinggi lift 2mm memiliki daya 7.441 (HP). Pada hasil data daya diatas camshaft yang memiliki daya maksimal adalah camshaft variasi tinggi lift 1,5mm memiliki daya 7.562 (HP).

Pada grafik diatas terlihat hasil camshaft dengan variasi tinggi lift 0,5mm mengalami kenaikan dari camshaft standar, karna proses pengkabutan bahan bakar yang masuk kedalam intake manifold lalu masuk keruang bakar lebih banyak dari standar. Karna pada proses ini didalam intake manifold terjadi

pencampuran bahan bakar dan oksigen, lalu turun masuk keruang bakar diatur oleh buka dan tutupnya camshaft, tetapi untuk camshaft dengan tinggi lift 0,5mm bahan bakar yang masuk masih maksimal sampai dengan camshaft variasi lift 1,5mm terlihat dari hasil daya diatas. Pada camshaft variasi tinggi lift 2mm mengalami penurunan, disebabkan karna kurangnya bahan bakar yang masuk keruang bakar, karna semakin tinggi bukaan klepnya dan semakin cepat menutup pada camshaft ini bahan bakar dan oksigen yang masuk ruang bakar tidak lagi berupa partikel-partikel hasil pengkabutan tetapi menjadi berupa tetesan sehingga membuat pembakaran jadi tidak sempurna dan menjadikan bahan bakar pada mesin juga besar.

5.2 Pengaruh variasi tinggi lift terhadap torsi

Grafik 5.2 variasi tinggi lift terhadap torsi maksimal yang dihasilkan



Dari grafik 5.2 menunjukkan bahwa camshaft model tinggi lift standar dan variasi tinggi lift mulai 0,5mm, 1mm, 1,5mm, 2mm. Mengalami penurunan, pada tinggi lift standar memiliki nilai torsi maksimal 0,81 (KG*M) terus mengalami penurunan pada variasi camshaft tinggi lift 0,5mm memiliki nilai torsi 0,79 (KG*M), tinggi lift 1mm memiliki nilai torsi 0,76 (KG*M), sedangkan untuk camshaft tinggi lift 1,5mm dan 2mm memiliki nilai torsi maksimal yang sama yaitu 0,7 (KG*M). Pada hasil data torsi diatas menunjukkan bahwa torsi camshaft standar memiliki torsi yang lebih tinggi 0,81 (KG*M).

Pada data grafik diatas didapatkan torsi mengalami penurunan pada variasi tinggi lift 0,5mm, 1mm, 1,5mm, 2mm, penurunan ini dikarnakan semakin tinggi putaran yang dihasil mesin motor karna mengalami perubahan camshaft, maka

hanya menghasilkan daya (HP) yang tinggi tetapi mendapatkan torsi yang rendah.

5.3 Optimasi camshaft terhadap daya dan torsi

Dari hasil data daya dan torsi diatas dapat di optimalkan bahwa camshaft variasi tinggi lift 0,5mm lebih optimal dari camshaft standar dan camshaft variasi lainnya, yang memiliki nilai daya 7.471 (HP) dan torsi 0,79 (KG*M). Jika dilihat dari grafik daya perubahan yang optimal pada camshaft variasi lift 0,5mm sangat baik dibandingkan camshaft standar, walau sebenarnya pada camshaft variasi tinggi lift 1,5mm memiliki daya yang lebih besar di bandingkan camshaft variasi lift 0,5mm yang memiliki daya 7.562 (HP). Tetapi camshaft tinggi lift 1,5mm memiliki angka bukaan klep yang tinggi (bukaan 15°) dan konsumsi bahan yang lebih besar = 0,571 L/h pada bahan bakar 10ml dan rpm 6000, sedangkan camshaft variasi lift 0,5mm memiliki angka bukaan klep (bukaan 10°) dan konsumsi bahan bakar lebih kecil =0,529 L/h.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian camshaft tinggi lift standar dan variasi penambahan tinggi lift 0,5mm, 1mm, 1,5mm, dan 2mm. Didapatkan hasil daya yang meningkat secara signifikan jika pada daya camshaft standar memiliki daya maksimal 7.068 (HP) dan torsi 0.81 (KG*M), sedangkan pada camshaft variasi tinggi lift 0,5mm memiliki daya 7.471 (HP) dan torsi 0,79 (KG*M), 1mm memiliki daya 7.522 (HP) dan torsi 0,76 (KG*M), 1,5mm memiliki daya 7.562 (HP) dan torsi 0,70 (KG*M), 2mm memiliki daya 7.441 (HP) dan torsi 0,70 (KG*M). Dapat disimpulkan bahwa dengan menaikkan tinggi lift camshaft dari yang standar, dapat menaikkan daya dan torsi untuk mengoptimalkan mesin standar sepadan motor.
2. Setelah melakukan perubahan tinggi lift pada camshaft, didapatkan hasil semakin tinggi lift pada camshaft prestasi motor semakin meningkat. Hasil optimal yang didapat pada penambahan tinggi lift 0,5mm dengan daya dan torsi maksimal 7.471 (HP) dan torsi 0,79 (KG*M), dikarenakan semakin tinggi lift bahan bakar dan oksigen (O₂) yang masuk ke ruang bakar akan lebih banyak karena katup membuka semakin tinggi dari yang standar.

6.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan memperhitungkan tingkat pembesaran pinggang camshaft untuk membesarkan durasi buka tutup klep, agar dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap banyak variasi.
2. Mungkin untuk penelitian selanjutnya bisa meneliti pengaruh ukuran besar dan kecilnya karburator dalam proses pengkabutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arend, Bpm., Berenschot, H., 1996, "**Motor Bensin**", Cetakan ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Bell, A. Graham, 1998, "**Performance Tuning in Theory & Practice**", Haynes Publishing Group, England.
- Bell, A. Graham, 2006, "**Four-Stroke Performance Tuning**", Third Edition, J. H. Haynes & Co., Ltd, Great Britain.
- Boentarto, Drs., 1993, "**Cara Pemeriksaan dan Perawatan Sepeda Motor**", Andi Offset, Yogyakarta.
- Burgess, Peter, and Gollan, David, 2000, "**How To Build, Modify And Power Tune Cylinder Head**", Veloce Publishing PLC, United Kingdom.
- Busono, Ardianto Argo, 2010, "**Analisis Variasi Intake Manifold Standard dan Porting pada Piston Standard dan Racing Terhadap Kinerja Sepeda Motor Honda GL 100**", Tugas Akhir, UMS, Surakarta.
- Hammil, Des, 1998, "**How To Choose Camshaft & Time Them For Maximum Power**", Veloce Publishing PLC, United Kingdom.
- Soenarta, Nakula, Furuhima, Dr. Shoichi, 1995, "**Motor Serba Guna**", Cetakan kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Ulinuha, Aong C., 2010, "**Korek Skubek Merancang Mesin Balap Skubek**", PT. Penerbit Media Motorindo, Jakarta.
- <https://motorisblog.com/honda-win-100-spesifikasi-kelebihan-dan-kekurangan-motor-pak-camat-selama-21-tahun/>
- Ratmotorsport. (2009). *Efek dari Merubah Derajat Noken As dan LSA*. Diperoleh 14 Januari 2012, <http://Ratmotorsport>. Wordpress. Co m/2009 /06/01/Cara-Seting-Noken-As/.

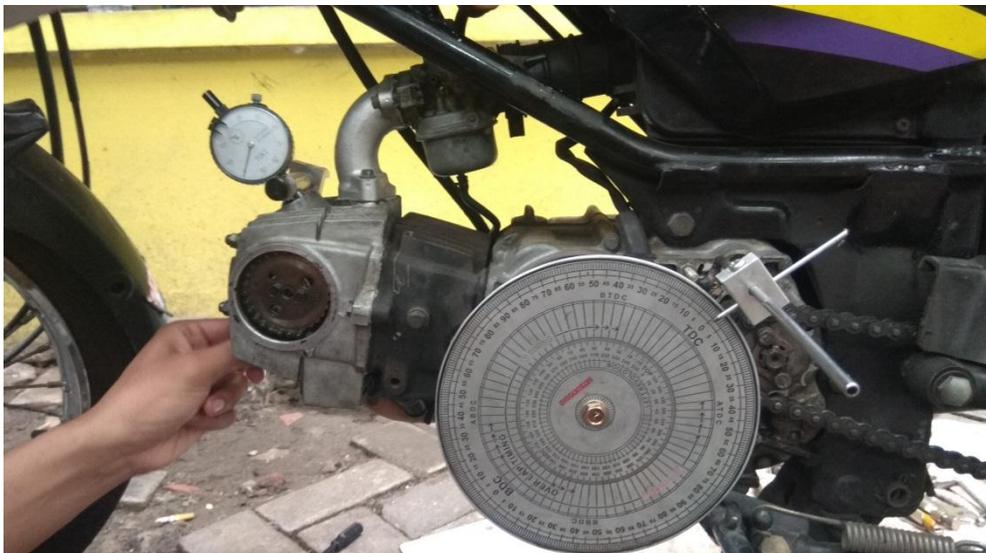
LAMPIRAN

LAMPIRAN GAMBAR BAHAN DAN ALAT PENGUJIAN

1. Mesin modifikasi camshaft



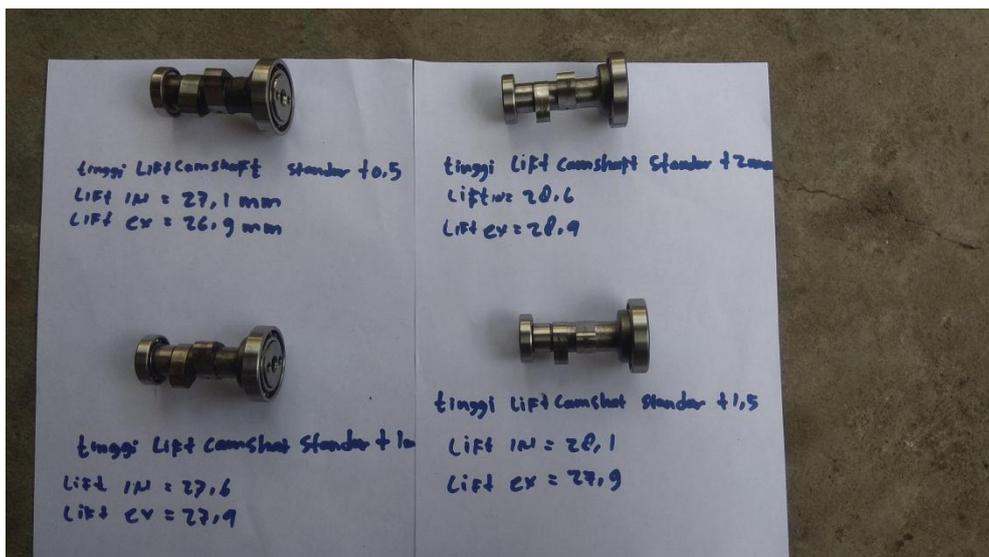
2. Dial indikator dan busur drajat pada mesin.



3. Toolkit



4. Camshaft modifikasi dan standar motor



5. Mesin dynotest mengukur daya dan torsi

