

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT CAMSHAFT TERHADAP UNJUK KERJA PADA MOTOR BENSIN

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



OLEH

M FAJRI SYAHBANI S

163310041

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT CAMSHAFT
TERHADAP UNJUK KERJA PADA MOTOR BENSIN**



Disusun Oleh :

M FAJRI SYAHBANS

NPM : 163310041

Disetujui Oleh :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sehat', is written over a horizontal line.

SEHAT ABDI SARAGIH, S.T., M.T
Dosen Pembimbing

Tanggal : 5 Juni 2022.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT CAMSHAFT
TERHADAP UNJUK KERJA PADA MOTOR BENSIN**



Disusun Oleh :

M FAJRI SYAHBANI S

NPM : 163310041

Disahkan Oleh :

MENGETAHUI

PEMBIMBING

Ketua Prodi Teknik Mesin

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jhonni Rahman', is written over the name of the Dean.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sehat Abdi Saragih', is written over the name of the Supervisor.

JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., PhD
NIDN. 1009038504

SEHAT ABDI SARAGIH, S.T., M.T
NIDN. 1012107502

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M Fajri Syahbani S

NPM : 163310041

Fakultas/Prodi : Teknik/Program Studi Teknik Mesin

Judul TA : Analisa Pengaruh Variasi Sudut Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Bensin.

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan Tugas Akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari karya tulis saya sendiri, baik dari naskah laporan maupun data-data yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya karya tulis milik orang lain, saya akan mencantumkan sumber dengan jelas di Daftar Pustaka.

Surat Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan serta ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan kondisi sehat serta tanpa paksaan dari pihak manapun.

Pekanbaru, 22 Maret 2022



M Fajri Syahbani S
NPM : 16.331.0041

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul “**Analisa Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Bensin**”. Adapun tujuan penulisan Skripsi Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau. Selain itu penulisan Skripsi Tugas Akhir ini juga bertujuan agar mahasiswa bias berpikir secara logis dan ilmiah serta bisa menuangkan pemikirannya secara sistematis dan terstruktur.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan proposal ini, khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
2. Bapak Jhonni Rahman B.Eng.,M.eng.,PhD, selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau
3. Bapak Rafil Arizona, S.T.,M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau
4. Bapak Sehat Abdi Saragih, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing dalam proposal skripsi ini.
5. Seluruh dosen program studi teknik mesin yang selama ini sudah membimbing dan membagi ilmunya kepada para mahasiswa.
6. Untuk teman-teman kelas A yang selalu memberikan dukungan yang besar dan berarti bagi penulis. Secara sengaja atau tidak disengaja maupun yang disadari atau tidak disadari.

Disadari masih banyak kekurangan dalam proposal skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pembaca.

Pekanbaru , Januari 2022

M Fajri Syahbani S



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

ANALISA PENGARUH VARIASI SUDUT CAMSHAFT TERHADAP UNJUK KERJA PADA MOTOR BENSIN

M Fajri Syahbani S, Sehat Abdi Saragih
Universitas Islam Riau
mfajrisyahbanis@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan kendaraan bermotor pada saat ini baik kendaraan roda dua roda empat, ataupun selebihnya sudah menjadi kebutuhan sekunder sehari-hari sebagai penunjang kemudahan dan kualitas hidup kebanyakan individu maupun kelompok. Penggunaan sehari-hari baik kendaraan pribadi ataupun industri harus ditunjang dengan performa yang baik, terutama penduduk Indonesia golongan menengah kebawah menggunakan kendaraan sepeda motor sebagai kebutuhan primer, penggunaan sepeda motor jangka panjang dapat menimbulkan factor aus yang akan mempengaruhi menurunnya unjuk kerja pada Motor Bensin tersebut. Dalam penelitian ini saya menggunakan metode penggeseran sudut camshaft dengan variasi sudut 2° , 3° dan 4° (advance) dan 2° , 3° dan 4° (retart). Serta melakukan pengujian unjuk kerja menggunakan motor bakar satu silinder. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa sudut camshaft memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja motor bensin dimana semakin besar sudut camshaft yang diberikan maka semakin meningkat unjuk kerja pada motor bensin. Unjuk kerja motor bensin terbaik diperoleh pada sudut camshaft 4° dimana memperoleh torsi mesin paling tinggi sebesar 13,40 Nm, dan memperoleh nilai daya paling tinggi sebesar 12,62 kW, dan memperoleh nilai pemakaian bahan bakar paling rendah yaitu sebesar 2,124 kg/jam, dan memperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik paling rendah dengan nilai 0,175 kg/kW.jam, dan nilai efisiensi termal paling tinggi yaitu sebesar 46,2%.

Kata Kunci : Camshaft, unjuk kerja, sudut

ANALYSIS THE EFFECT OF VARIATIONS IN THE ANGLE OF THE CAMSHAFT ON THE PERFORMANCE OF A GASOLINE ENGINE

M Fajri Syahbani S, Sehat Abdi Saragih
Universitas Islam Riau
mfajrisyahbanis@student.uir.ac.id

ABSTRACT

The use of motorized vehicles at this time, both two-wheeled and four-wheeled vehicles, or the rest has become a daily secondary need to support the convenience and quality of life for most individuals and groups. The daily use of both private and industrial vehicles must be supported by good performance, especially the lower middle class Indonesians use motorcycles as a primary need, long-term use of motorcycles can cause wear factors that will affect the performance of the gasoline engine. In this study, I used the camshaft angle shift method with variations in angles of 2°, 3° and 4° (advance) and 2°, 3° and 4° (restart). As well as testing performance using a single cylinder combustion engine. From the results of this study, it can be seen that the camshaft angle has an influence on the performance of the gasoline engine where the greater the camshaft angle is, the more the performance of the gasoline engine will increase. The best performance of the gasoline motor is obtained at 4° camshaft angle where the highest engine torque is 13.40 Nm, and the highest power value is 12.62 kW, and the lowest fuel consumption value is 2.124 kg/hour, and obtained the lowest specific fuel consumption value with a value of 0.175 kg/kW.hour, and the highest thermal efficiency value of 46.2%.

Keyword : Camshaft, performance, angle

DAFTAR ISI

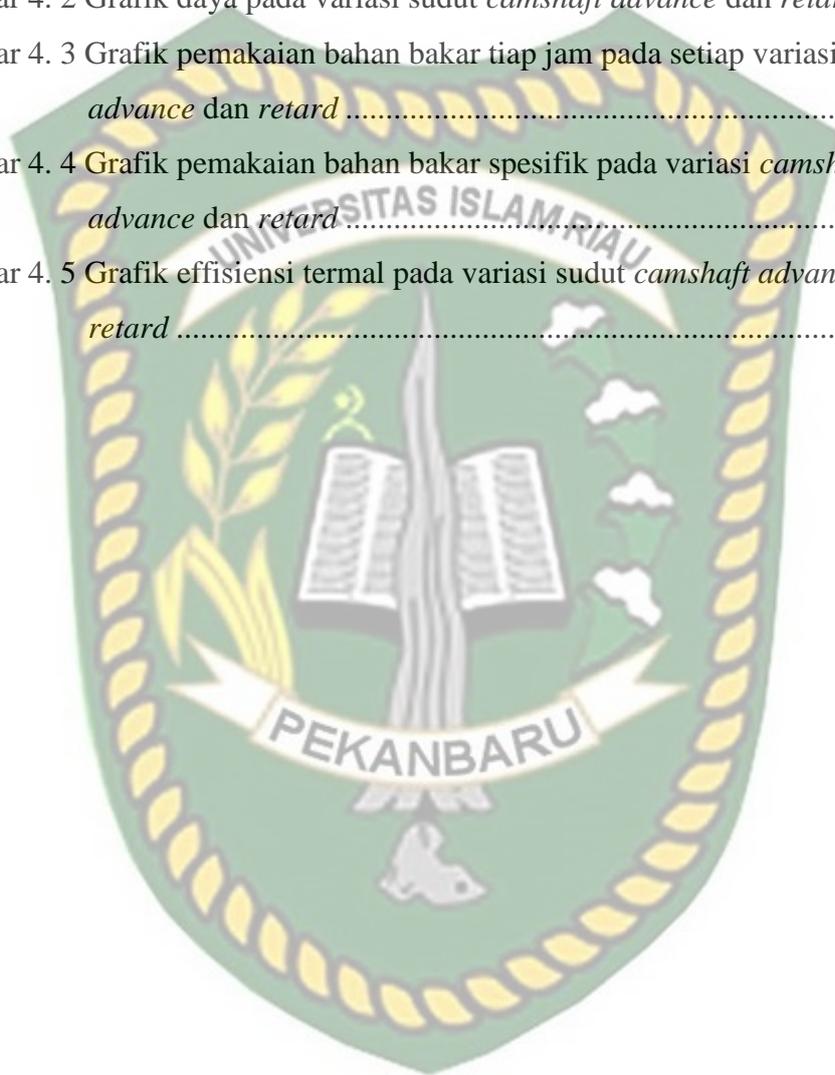
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mesin kalor.....	5
2.2 Siklus Otto.....	5
2.3 Klasifikasi Motor Bakar.....	7
2.3.1 Motor Pembakaran Luar.....	7
2.3.2 Motor Pembakaran Dalam.....	8
2.3.3 Motor Bensin Empat Langkah.....	9
2.4 Camshaft.....	10
2.5 Prinsip Kerja Camshaft.....	15
2.6 Mekanisme Katup (<i>Valve Train</i>).....	16
2.7 Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin.....	18
2.7.1 Torsi Mesin.....	18
2.7.2 Daya (Power).....	19
2.7.3 Pemakaian Bahan Bakar tiap jam (kg/jam).....	19
2.7.4 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (<i>SFC</i>).....	19
2.7.5 Efisiensi Termal.....	20

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Waktu Dan Tempat Penelitian	22
3.3	Alat dan Bahan	22
3.3.1	Alat	22
3.3.2	Bahan	28
3.4	Pengujian Dan Pengambilan Data	29
3.5	Prosedur Pengujian	29
3.6	Hasil dan Kesimpulan	30
3.7	Kesimpulan	30
3.8	Jadwal Kegiatan Penelitian	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Pengaruh Variasi Sudut <i>Camshaft</i> Terhadap Torsi	31
4.2	Pengaruh Variasi Sudut <i>Camshaft</i> Terhadap Daya	33
4.3	Pengaruh Variasi Sudut <i>Camshaft</i> Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Setiap Jam	35
4.4	Pengaruh Variasi Sudut <i>Camshaft</i> Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SFC)	37
4.5	Pengaruh Variasi Sudut <i>Camshaft</i> Terhadap Efisiensi Termal	39
BAB V	PENUTUP	41
5.1	Kesimpulan	41

DAFTAR GAMBAR

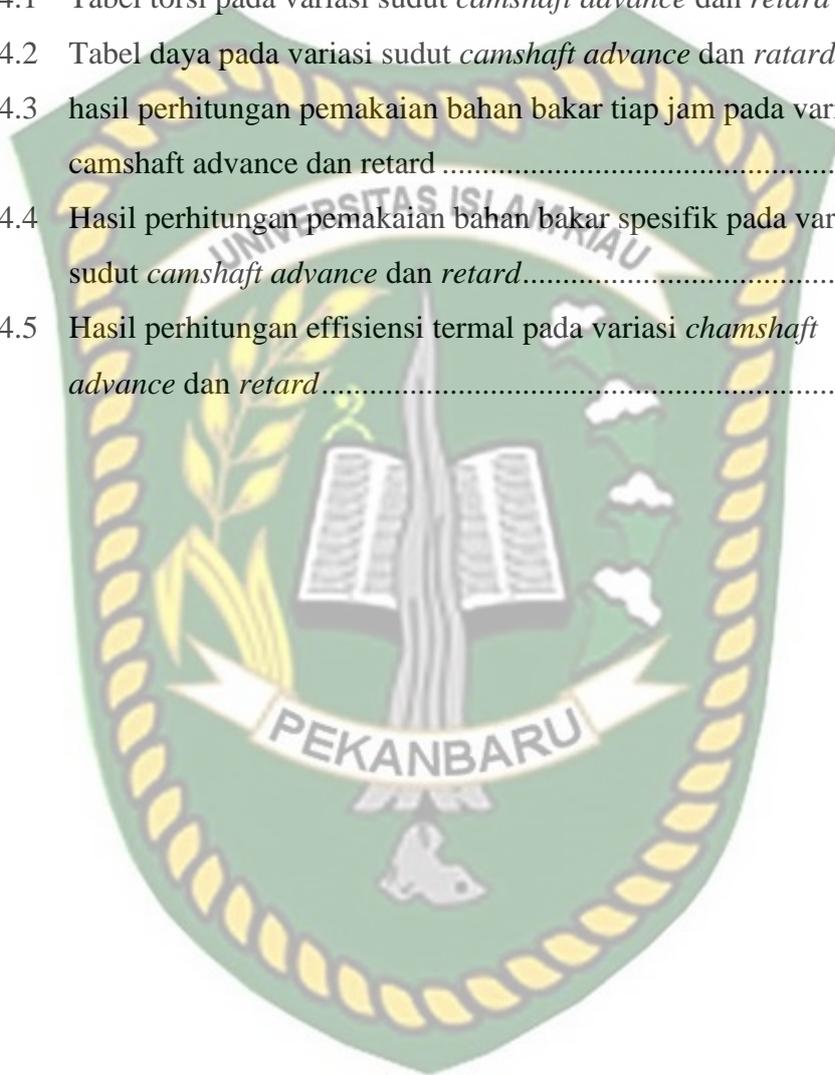
Gambar 2. 1 motor bensin 4 langkah	5
Gambar 2. 2 P-V dan T-S Diagram.....	6
Gambar 2. 3 Motor Pembakaran Luar.....	8
Gambar 2. 4 Motor Pembakaran dalam	9
Gambar 2. 5 Bentuk Dasar Nok (<i>Cam</i>).....	11
Gambar 2. 6 Grafik Saat Kerja Katup (<i>Valve Timing</i>).....	13
Gambar 2. 7 Diagram Saat Kerja Katup (<i>Valve Timing</i>) Jenis <i>Advance Timing</i>	13
Gambar 2. 8 Diagram Saat Kerja Katup (<i>Valve Timing</i>) Jenis <i>Retard Timing</i>	14
Gambar 2. 9 Overlap dan Derajat Pusat-Nok (<i>Lobe Center Angle</i>).....	15
Gambar 2. 10 Mekanisme Katup	16
Gambar 2. 11 Katup	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir	21
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 3. 3 Mesin 150 CC.....	23
Gambar 3. 4 camshaft dengan variasi <i>advance</i> 2°.....	23
Gambar 3. 5 camshaft dengan variasi <i>advance</i> 3°.....	24
Gambar 3. 6 camshaft dengan variasi <i>advance</i> 4°.....	24
Gambar 3. 7 camshaft dengan variasi <i>retard</i> 2°.....	24
Gambar 3. 8 camshaft dengan variasi <i>retard</i> 3°.....	25
Gambar 3. 9. camshaft dengan variasi <i>retard</i> 4°.....	25
Gambar 3. 10 Dynotest	25
Gambar 3. 11 <i>Blower</i>	26
Gambar 3. 12 Tachometer.....	26
Gambar 3. 13 Dial Indicator.....	26
Gambar 3. 14 Busur Putar 360°.....	27
Gambar 3. 15 feeler gauge	27
Gambar 3. 16 Tool set.....	27
Gambar 3. 17 Adjustable Sentrik	28

Gambar 3. 18 Bahan bakar (Pertalite).....	28
Gambar 3. 19 Oli.....	28
Gambar 4. 1 Grafik torsi pada variasi sudut <i>advance</i> dan <i>retard</i>	32
Gambar 4. 2 Grafik daya pada variasi sudut <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	34
Gambar 4. 3 Grafik pemakaian bahan bakar tiap jam pada setiap variasi <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	36
Gambar 4. 4 Grafik pemakaian bahan bakar spesifik pada variasi <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	38
Gambar 4. 5 Grafik efisiensi termal pada variasi sudut <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	40



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Jadwal kegiatan penelitian	30
Tabel 4.1	Tabel torsi pada variasi sudut <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	31
Tabel 4.2	Tabel daya pada variasi sudut <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	33
Tabel 4.3	hasil perhitungan pemakaian bahan bakar tiap jam pada variasi <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	35
Tabel 4.4	Hasil perhitungan pemakaian bahan bakar spesifik pada variasi sudut <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	37
Tabel 4.5	Hasil perhitungan efisiensi termal pada variasi <i>camshaft advance</i> dan <i>retard</i>	39



DAFTAR NOTASI

Simbol	Arti simbol	Satuan
T	Torsi untuk mengetahui hasil kerja mesin	(Nm)
F	Gaya	(N)
L	Panjang lengan torsi	(m)
n	Putaran mesin	(rpm)
m_f	Pemakaian bahan bakar tiap jam	(kg/jam)
T	Waktu	(s)
V _{bb}	Volume bahan bakar	(mL)
ρ_{bb}	Massa jenis bahan bakar	(kg/m ³)
N _e	Daya efektif mesin	(kW)
m _a	Jumlah udara sesungguhnya dibutuhkan	(kg/jam)
ρ_{ud}	Massa jenis udara	(kg/m ³)
Q	Laju aliran udara	(m ³ /s)
ρ_{ud}	Massa jenis udara	(kg/m ³)
D _a	Diameter masuk orifice	(m)
D _b	Diameter orifice	(m)
C	Koefisien discharge	(no unit)
Δp	Penurunan tekanan	(Pa)
P _{ov}	Tekanan udara keluar venture	(N/m ²)
P _{iv}	Tekanan udara masuk venture	(N/m ²)
T _{ud}	Temperatur udara	(°C)
A _a	Luas permukaan pipa masuk	(m ²)
A _b	Luas permukaan pipa keluar	(m ²)
m _{ai}	Jumlah udara ideal yang dibutuhkan	(kg/jam)
ρ_{ud}	Massa jenis udara	(kg/m ³)
V ₁	Volume langkah total	(m ³)
LHV	Panas pembakaran rendah dari bahan bakar	(joule/kg)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan kendaraan bermotor pada saat ini baik kendaraan roda dua roda empat, ataupun selebihnya sudah menjadi kebutuhan sekunder sehari-hari sebagai penunjang kemudahan dan kualitas hidup kebanyakan individu maupun kelompok. Penggunaan sehari-hari baik kendaraan pribadi ataupun industri harus ditunjang dengan performa yang baik, terutama penduduk Indonesia golongan menengah kebawah menggunakan kendaraan sepeda motor sebagai kebutuhan primer. Karena *factor* harga dan kemudahan mendapatkannya dengan berbagai cara baik secara tunai maupun kredit. (Lukito dan Eko, 2020)

Pada dasarnya motor bensin atau biasa disebut *Otto* adalah salah satu jenis mesin yang cara kerjanya menggunakan energi panas dimana energi panas dihasilkan dari reaksi pembakaran bahan bakar dan udara didalam ruang silinder, hasil pembakaran tersebutlah yang kemudian dapat menimbulkan gerak.

Mesin bensin merupakan salah satu jenis motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang proses pembakaran bahan bakarnya dilakukan di dalam ruang bakar silinder itu sendiri dengan bantuan percikan bunga api dari busi. Hasil dari pembakaran itulah menghasilkan atau terbangkitnya daya pembakaran untuk melakukan langkah usaha. Mesin bensin sangat banyak digunakan karena mempunyai lebih banyak keuntungan apabila dibandingkan dengan mesin diesel, diantaranya yaitu harganya yang relatif lebih murah, murah dalam perawatan, dan mudah dalam memodifikasi mesin. Salah satu jenis mesin pembakaran dalam adalah mesin empat langkah. Adapun cara kerja mesin empat langkah terdiri dari empat langkah untuk menghasilkan satu kali langkah usaha. (Wardan Suyanto, 1989)

Penggunaan sehari-hari harus ditunjang dengan performa mesin yang optimal dan perawatan secara berkala. Namun terkadang banyak yang tidak puas dengan performa dari mesin, karena penggunaan sepeda motor dengan jangka

yang panjang dapat menimbulkan aus pada komponen mesin yang mengakibatkan menurunnya unjuk kerja pada mesin itu sendiri. Sehingga perlu dilakukan modifikasi agar dapat mengoptimalkan unjuk kerja mesin tersebut. Adapun modifikasi pada mesin terutama pada sistem bahan bakar dan volume yang diatur oleh *camshaft* (noken as) sehingga dapat meningkatkan unjuk kerja mesin.

Camshaft adalah komponen yang terdapat pada mesin 4 tak yang berfungsi untuk mengatur dan menggerakkan katup/klep (*valve*) dengan cara mendorongnya dengan dua tonjolan (*lift*). *Camshaft* digerakkan oleh timing chain, yang mneghubungkannya dengan poros engkol. Peran vital noken as dalam performa mesin motor 4 tak terletak pada fungsinya yang mengatur *timing* saat klep terbuka sehingga timing bahan bakar dan udara yang masuk ke *head* silinder tetap sesuai dengan langkah piston. Peran dari *camshaft* sangat penting, diantaranya menentukan waktu membuka katup, mengatur lamanya durasi pembukaan katup, menentukan lamanya durasi overlap katup masuk dan buang, serta merupakan komponen utama dari sistem kerja mesin. (Lukito dan Eko, 2020)

Modifikasi sudut *camshaft* diharapkan mampu meningkatkan efisisensi perpaduan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dan meningkatkan tekanan kompresi diruang bakar sehingga dapat memperbaiki kualitas volume bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dan dapat memberikan power yang lebih besar kepada putaran mesin saat digunakan. Kualitas pembakaran yang baik dapat meningkatkan unjuk kerja pada mesin .

Dari latar belakang tersebut maka dari itu peneliti mengangkat judul “Analisa Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Bensin”. Peneliti berharap hasil penelitian ini dapat menghasilkan unjuk kerja yang optimal pada motor bensin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah, diantaranya :

1. Bagaimana pengaruh variasi sudut *camshaft* terhadap unjuk kerja motor bensin?

2. Manakah variasi sudut *camshaft* yang memperoleh unjuk kerja terbaik ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan pengaruh variasi sudut *camshaft* terhadap unjuk kerja motor bensin.
2. Untuk mendapatkan variasi sudut *camshaft* manakah yang memperoleh unjuk kerja terbaik.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah yang perlu di perhatikan dalam penulisan ini adalah :

1. Mesin yang digunakan dalam pengujian ini mesin 150 cc
2. Pengujian unjuk kerja pada variasi sudut *camshaft* 2°, 3°, dan 4° (*advance*) dan 2°, 3°, dan 4° (*retard*)

1.5 Sistematika Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini peneliti menyelesaikan dalam lima bab secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Pada bagian pendahuluan berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian sudut *camshaft* yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan tentang tempat dan waktu penelitian, peralatan yang digunakan saat penelitian, tahapan dan prosedur penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian variasi sudut *camshaft* motor bensin.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin kalor

Salah satu jenis penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Energi itu sendiri dapat diperoleh dengan proses pembakaran (Jhon wiley, 2006).

Pada motor bensin, bahan bakar dan udara dihisap masuk kedalam silinder dan dikompresikan oleh piston, dengan adanya kenaikan tekanan dan temperatur didalam silinder disebabkan oleh percikkan bunga api oleh busi mendesak piston melakukan usaha dari TMA ke TMB, usaha inilah yang dimanfaatkan oleh poros engkol menjadi gerak putar pada poros.

2.2 Siklus Otto

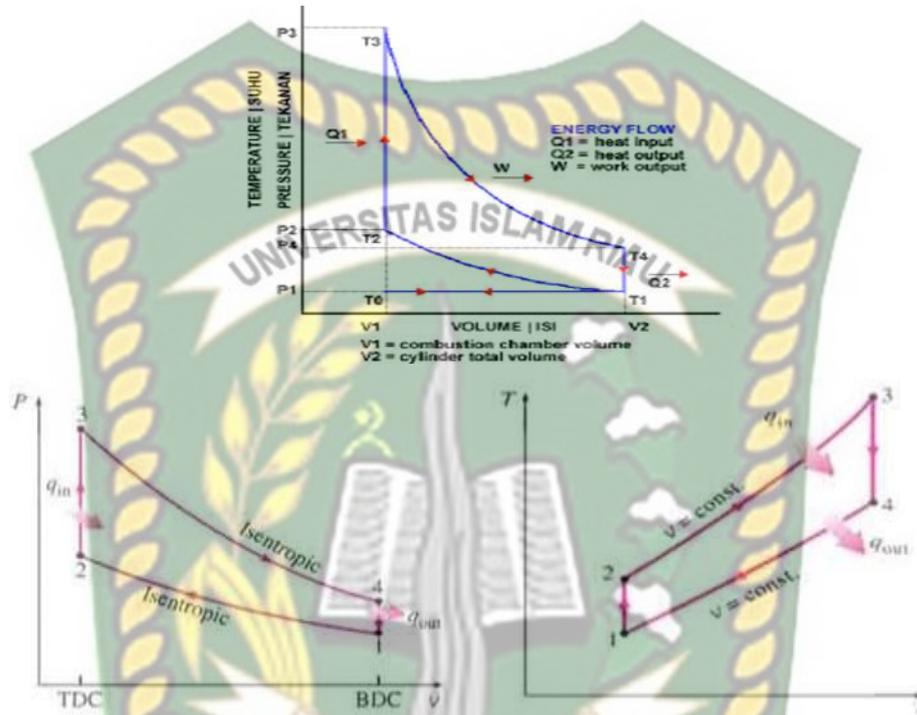
Siklus otto adalah siklus ideal untuk mesin torak dengan pengapian-nyala bunga api pada mesin pembakaran dengan sistem ini, campuran bahan bakar dan udara dibakar dengan menggunakan percikan bunga api dari busi. Piston bergerak dengan empat langkah dalam silinder, sedangkan poros egkol bergerak dua kali untuk setiap siklus termodinamika. Mesin seperti ini disebut mesin pembakaran internal empat langkah.



Gambar 2. 1 motor bensin 4 langkah

(sumber: Lucas, 1967)

Siklus mesin 4 langkah dapat dijabarkan dalam siklus Otto udara standar yang terdiri dari 4 langkah yaitu: langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang. dapat digambarkan dalam diagram sebagai berikut.



Gambar 2. 2 P-V dan T-S Diagram

(Sumber : Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin,2017)

- Langkah hisap
Langkah hisap yaitu torak bergerak dari TMA ke TMB pemasukan gas campuran udara dan bahan bakar pada tekanan dan suhu tetap dari karburator ke silinder mesin, ketika katup masuk membuka dan piston turun 180 derajat, ruang silinder membesar dan udara dalam silinder bertambah.
- Langkah kompresi
Langkah kompresi yaitu torak bergerak dari TMB ke TMA yang menggambarkan langkah pemampatan gas campuran udara dan bahan bakar dalam silinder, ketika katup masuk tertutup dan katup buang tertutup piston naik 180 derajat, ruang silinder mengecil.

Dalam proses ini volume silinder dan volume gas V mengecil dari V_1 ke V_2 , bobot molekul gas campuran bahan bakar dan udara tetap. Tekanan gas P meningkat dari P_1 ke P_2 dan suhu gas T meningkat dari T_1 ke T_2 .

- Langkah kerja

Langkah kerja yaitu torak bergerak dari TMA ke TMB yang menggambarkan langkah kerja karena pembakaran gas campuran udara dan bahan bakar dalam silinder ketika kedua katup tertutup sehingga silinder turun 180 derajat, ruang silinder membesar. Dalam proses ini volume silinder V membesar dari V_1 ke V_2 , bobot gas campuran tetap, tekanan gas V merosot turun dari P_3 ke P_4 dan suhu gas T merosot turun dari T_3 ke T_4 .

- Langkah buang

Langkah buang yaitu torak bergerak dari TMB ke TMA yang menggambarkan langkah pembuangan sisa pembakaran, piston naik, ruang silinder mengecil, dimana tekanan gas P dan suhu gas T tetap setara tekanan atmosfer (udara luar) karena katup buang terbuka. Volume silinder V mengecil dari V_2 ke V_1 , sehingga bobot gas sisa pembakaran berkurang.

2.3 Klasifikasi Motor Bakar

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam. Adapun pengklasifikasian motor bakar adalah sebagai berikut:

2.3.1 Motor Pembakaran Luar

Mesin pembakaran luar adalah di mana proses pembakaran terjadi di luar mesin itu sendiri panas dari bahan bakar itu tidak di ubah menjadi tenaga gerak tetapi melebihi dahulu media perantara baru kemudian di ubah mejadi tenaga mekanik. Secara umum mesin uap dan turbin memiliki karakter yang hanya dapat dipergunakan sebagai penggerak mula ukuran besar misalnya, lokomotif, kapal, dan power plant dan tidak baik apabila

digunakan sebagai penggerak generator serbaguna, sepeda motor dan kendaraan (mobil) dan dapat di lihat seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 3 Motor Pembakaran Luar

(sumber : Fahrisal,2016)

2.3.2 Motor Pembakaran Dalam

Mesin pembakaran dalam adalah bahan bakarnya terjadi di dalam mesin itu sendiri sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa di ubah menjadi tenaga mekanik konstruksi dan perencanaan mesin menjadi lebih kecil dan sederhana, seperti mesin diesel yang dapat beroperasi dalam keadaan suhu tinggi dengan siklus berulang ulang dan pemanfaatan motor bakar ini telah menyebar luas karna memiliki tenaga yang kuat dan handal disamping itu pemakaian bahan bakar menjadi lebih irit dan efisien.

Keuntungan dari motor pembakaran dalam yaitu :

1. Ringan, ukuran kecil, daya yang dihasilkan besar dan sangat praktis untuk kendaraan.
2. Dapat dioperasikan dimana saja asal ada udara dan bahan bakar. Dengan demikian luas sekali daerah operasinya.
3. Efisiensi thermis yang tinggi menyebabkan dapat menghasilkan daya yang cukup besar dengan jumlah bahan bakar yang relatif sedikit.

Kekurangan dari motor pembakaran dalam yaitu :

1. Pembukaan dan penutupan katup, pemasukan udara,

pembuangan gas sisa pembakaran dan letupan yang berulang pada tiap siklus menimbulkan getaran.

2. Tidak memungkinkan untuk dioperasikan dalam ruangan tertutup dalam waktu yang cukup lama karena polusi akan meningkat seiring dengan lamanya pemakaian.
3. Bahan bakarnya terbatas, karena batubara dan kayu tidak dapat dipergunakan, karena akan menimbulkan abu.
4. Memerlukan perawatan rutinitas untuk menjaga kinerja mesin agar tetap dalam kondisi normal



Gambar 2. 4 Motor Pembakaran dalam
(sumber : Fahrisa,2016)

2.3.3 Motor Bensin Empat Langkah

Motor bensin empat langkah pertama kali ditemukan oleh seorang ilmuwan asal Jerman bernama Nicholaus Otto pada abad XVIII. Motor bensin empat langkah merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dimana proses pembakaran bahan bakarnya dilakukan di dalam silinder. Adapun cara kerja motor empat langkah yaitu terdiri empat langkah atau dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali langkah usaha.

Empat siklus dalam mesin empat langkah yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang. Proses pembakaran yang terjadi pada motor bensin dikarenakan adanya percikkan bunga api oleh busi pada saat pengapian (*ignition timing*) yang telah ditentukan.

Cara kerja motor bensin empat langkah secara terperinci adalah sebagai berikut :

a. Langkah hisap

Langkah hisap (*intake stroke*) terjadi saat torak bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB), katup masuk membuka dan katup buang menutup. Langkah hisap berlangsung sampai TMB yang bersamaan katup hisap menutup.

b. Langkah kompresi

Langkah kompresi (*compression stroke*) terjadi setelah langkah hisap (*intake stroke*) berlangsung. Dimana torak akan bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati (TMA) dan katup hisap dan katup buang tertutup rapat.

c. Langkah kerja

Sesaat sebelum torak mencapai titik mati atas, terjadi percikan bunga api yang menyebabkan terbakarnya campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan sehingga mengakibatkan ledakan. Energi pembakaran digunakan untuk mendorong torak menuju titik mati bawah (TMB). Gerakan terdorongnya torak menuju titik mati bawah inilah yang menghasilkan tenaga motor.

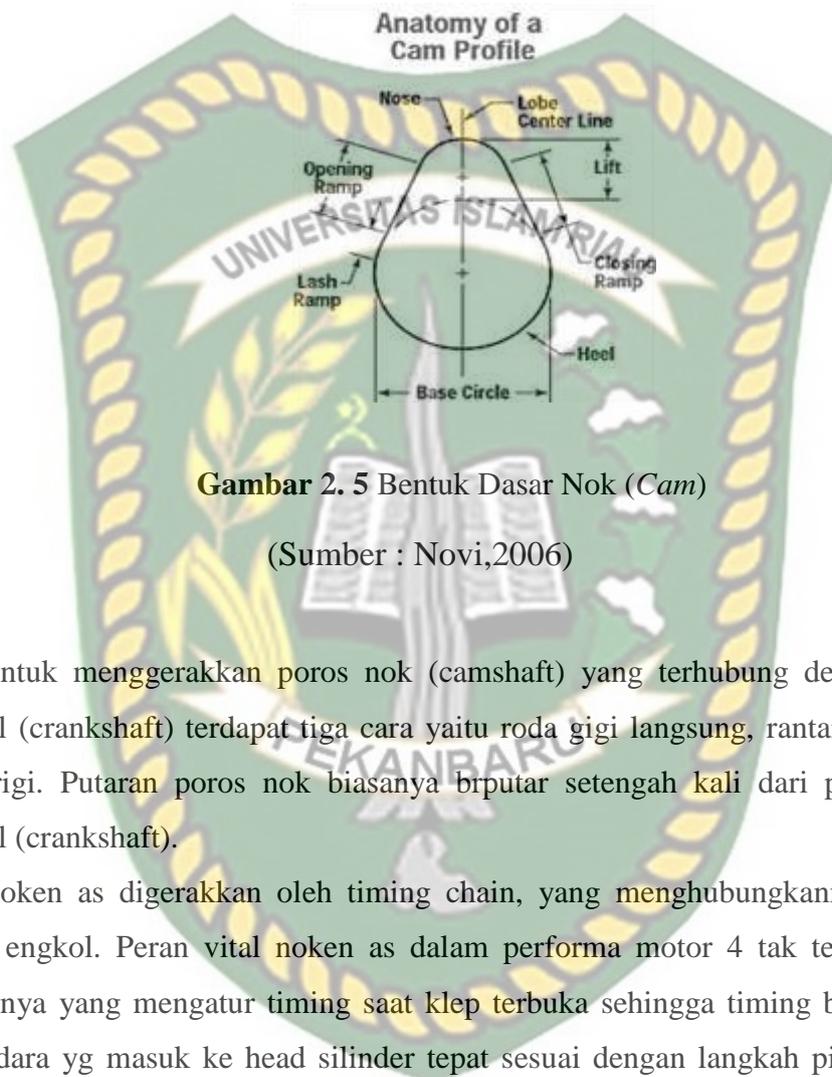
d. Langkah buang

Setelah langkah usaha (*power stroke*) pergerakan piston dari TMB menuju TMA dimana katup buang terbuka dan katup masuk tertutup. Gerakan torak ini membuat gas buang atau sisa hasil pembakaran terdorong keluar melalui saluran buang.

2.4 Camshaft

Noken as atau disebut kem atau camshaft adalah komponen yg terdapat pada mesin 4 tak yg berfungsi untuk mengatur dan menggerakkan katup/klep (valve) dengan cara mendorongnya dengan dua tonjolan (lift). Selain itu Poros nok (*camshaft*) merupakan penentu kapan saat pembukaan katup dan penutupan katup terjadi serta berapa lama dan berapa lebar pembukaan katup tersebut. Poros nok

(*camshaft*) merupakan sebuah poros yang memiliki tonjolan (nok) yang berhubungan dengan mekanisme pembukaan maupun penutupan katup yang berputar menurut putaran poros engkol.



Gambar 2. 5 Bentuk Dasar Nok (*Cam*)

(Sumber : Novi,2006)

Untuk menggerakkan poros nok (*camshaft*) yang terhubung dengan poros engkol (*crankshaft*) terdapat tiga cara yaitu roda gigi langsung, rantai dan sabuk bergerigi. Putaran poros nok biasanya berputar setengah kali dari putaran poros engkol (*crankshaft*).

Noken as digerakkan oleh timing chain, yang menghubungkannya dengan poros engkol. Peran vital noken as dalam performa motor 4 tak terletak pada fungsinya yang mengatur timing saat klep terbuka sehingga timing bahan bakar dan udara yg masuk ke head silinder tepat sesuai dengan langkah piston. Peran dari *camshaft* sangat penting, diantaranya menentukan waktu membuka katup, mengatur lamanya durasi pembukaan katup, menentukan lamanya durasi overlap katup masuk dan katup buang, serta merupakan komponen utama dari sistem kerja mesin.

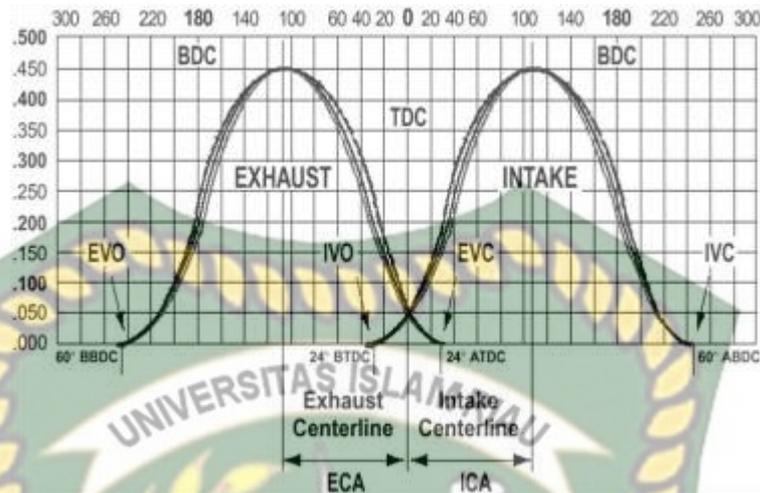
Modifikasi sudut *camshaft* diharapkan mampu meningkatkan efisiensi perpaduan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dan meningkatkan tekanan kompresi di ruang bakar sehingga dapat memperbaiki kualitas volume bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dan dapat memberikan power yang lebih besar

kepada putaran mesin saat digunakan. Kualitas pembakaran yang baik dapat meningkatkan unjuk kerja pada engine. Dilihat dari letak poros nok pada mesin, mesin dikategorikan sebagai mesin yang memiliki poros nok pada blok silinder (*Over Head Valve*) dan poros nok pada kepala silinder (*Over Head Cam*). Pada sebuah camshaft terdapat bagian-bagian yang masing-masing mempunyai peranan penting. Bagianbagian camshaft seperti valve lift (jarak angkat katup), valve lift duration (lama angkat katup), valve lift timing (waktu angkat katup), lobe separation angle (LSA) dan overlap akan mempengaruhi banyak sedikitnya campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar.

a. Kerja Katup (*Valve Timing*)

Menurut Wardan (1989 : 106), saat kerja katup (*valve timing*) adalah saat membuka dan menutupnya katup serta berapa lama katup tersebut membuka. Dimana perubahannya diatur oleh profil atau bentuk dari poros nok (*camshaft*). Saat kerja katup (*valve timing*) berpengaruh terhadap kinerja mesin karena waktu jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk mempengaruhi besar energi pembakaran serta pengoptimalan langkah usaha. Sehingga pengaturan saat kerja katup (*valve timing*) dibutuhkan untuk mendapatkan pengisian campuran bahan bakar ke dalam silinder dapat optimal.

Pada dasarnya, saat kerja katup (*valve timing*) terbagi dalam beberapa tahap yaitu katup hisap membuka atau *intake valve opening* (IVO), katup hisap menutup atau *intake valve closing* (IVC), katup buang membuka atau *exhaust valve opening* (EVO), dan katup buang menutup atau *exhaust valve closing* (EVC). Siklus pembukaan katup hisap menunjukkan bahwa katup hisap membuka atau *intake valve opening* (IVO) beberapa derajat sebelum titik mati atas (TMA) dan katup hisap menutup atau *intake valve closing* (IVC) beberapa derajat setelah titik mati bawah. Sedangkan pada siklus pembukaan katup buang, katup buang membuka atau *exhaust valve opening* (EVO) beberapa derajat sebelum titik mati bawah dan katup buang menutup atau *exhaust valve closing* (EVC) beberapa derajat setelah titik mati atas (TMA).

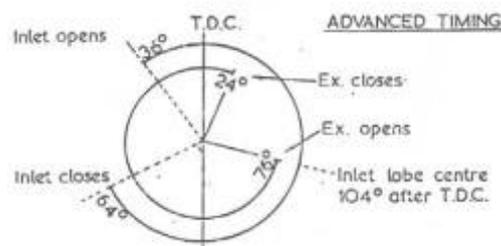


Gambar 2. 6 Grafik Saat Kerja Katup (*Valve Timing*)

(Sumber : Novi,2006)

Saat kerja katup (*valve timing*) diatur dengan tujuan mendapatkan unjuk kerja sesuai dengan kebutuhan atau rentang putaran mesin. Jenis saat kerja katup (*valve timing*) dibagi menjadi dua, yaitu, *Advance Timing*, dan *Retard Timing* (Graham Bell, 1998 : 209).

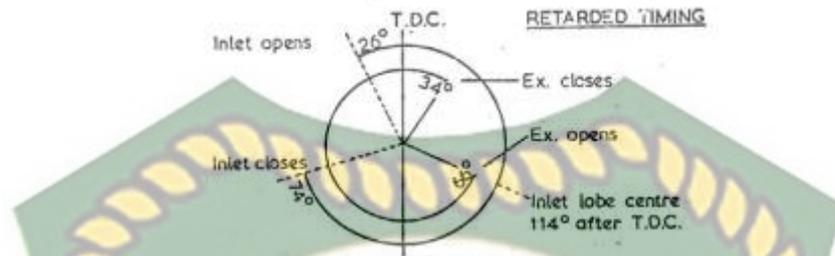
Advance timing yaitu saat kerja katup terlalu awal dibandingkan dengan standar. Menurut Kemal (www.motorplusonline/edisi331), saat kerja katup (*valve timing*) jenis advance mengakibatkan langkah hisap dan langkah kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju. Pada kondisi ideal, penerapan advance timing akan menghasilkan torsi atau tenaganya besar pada putaran mesin rendah.



Gambar 2. 7 Diagram Saat Kerja Katup (*Valve Timing*) Jenis *Advance Timing*

(Sumber : Novi,2006)

Sedangkan retard timing, pembukaan katup lebih lambat berdampak pada torsi atau tenaganya besar pada putaran tinggi.



Gambar 2. 8 Diagram Saat Kerja Katup (*Valve Timing*) Jenis Retard *Timing*
(Sumber : Novi,2006)

b. Durasi Poros Nok (*Camshaft Duration*)

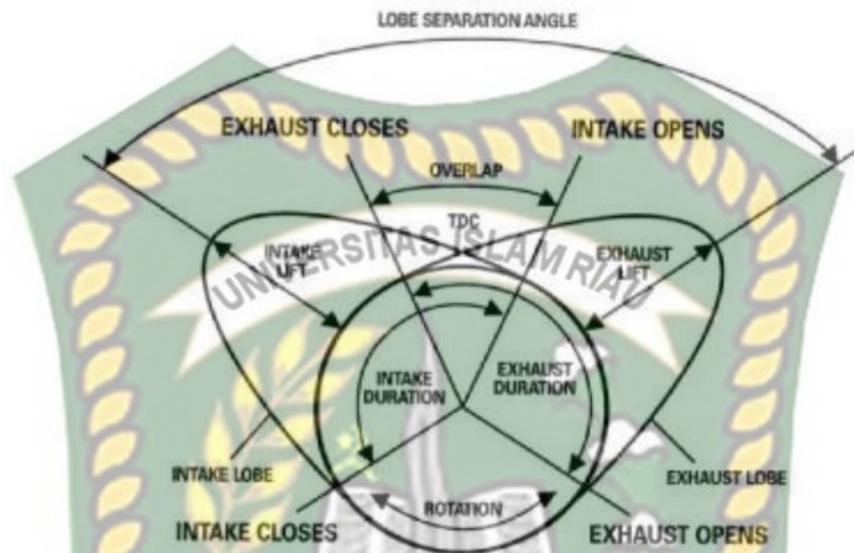
Durasi poros nok (*camshaft duration*) adalah waktu yang diukur dalam derajat putar poros engkol (*crankshaft*) selama katup membuka (www.speedcrafter.com). Durasi sangat berpengaruh terhadap tenaga volumetric efficiency (VE) karena pengaruhnya pada saat pemasukan campuran bahan dan udara ke dalam silinder. Durasi poros nok 2600 mengandung arti bahwa katup akan membuka selama 2600 putaran poros engkol. Ada pula yang menyatakan durasi poros nok (*camshaft duration*) dalam bentuk inchi (misalnya *duration at 0,050 inch*).

c. Overlap dan Derajat Pusat-Nok (*Lobe-Center Angle*)

Overlap adalah waktu putar poros nok (*camshaft*) sejalan dengan putaran poros engkol ketika kedua katup kedua hisap dan buang terbuka (Joe Pettitt, 2002 : 64) dan berlangsung ketika torak torak berada pada sesaat sebelum titik mati atas (TMA) setelah langkah buang dan sesaat sesudah TMA sebelum langkah hisap efektif. Overlap berfungsi sebagai langkah pembilasan agar ruang silinder bersih dari gas sisa pembakaran.

Derajat Pusat-Nok (*Lobe-Center Angle*) merupakan jarak dalam derajat antara titik angkat katup tertinggi (*Lobe Centerline Angle*) pada poros nok hisap dengan poros nok buang. Hubungan antara overlap dengan derajat Pusat-Nok (*Lobe Center Angle*) adalah semakin besar derajat Pusat-Nok

(*Lobe Center Angle*) maka semakin kecil overlap dari camshaft tersebut, begitu pula sebaliknya



Gambar 2. 9 Overlap dan Derajat Pusat-Nok (*Lobe Center Angle*)

(Sumber : Ghaly,2019)

d. Tinggi Angkat Katup (*Valve Lift*)

Bagian poros nok yang berfungsi untuk mengangkat katup saat katup berputar disebut dengan tinggi angkat katup (*valve lift*). Tinggi angkat katup aktual dipengaruhi oleh perbandingan dari pelatuk katup dan besarnya celah katup.

2.5 Prinsip Kerja Camshaft

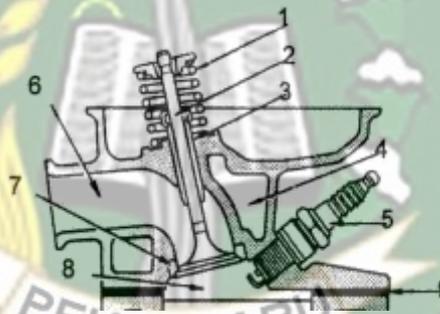
Masuknya bahan bakar di atur oleh terbuka dan tertutup nya katup hisap dan katup buang. Katup ini terbuka dan tertutup karena kerja dari camshaft yang digerakkan oleh poros engkol (*crank shaft*). Mekanisme katupini dirancang sedemikian rupa sehingga camshaft berputar satu kali untuk menggerakkan katup hisap dan katup buang setiap dua kali berputarnya poros engkol.(Lukito,2020). Putaran mesin akan mempengaruhi putaran camshaft, semakin tinggi putaran mesin akan mengakibatkan putaran camshaft semakin meningkat pula.

Putaran camshaft yang semakin tinggi akan berdampak pada pembukaan dan penutupan katup yang semakin cepat. Dalam desain camshaft perlu diperhatikan

penggunaan mesin, digunakan pada putaran mesin rendah atau pada putaran mesin tinggi. Di dalam desain sebuah camshaft terdapat berbagai bagian yang memiliki fungsi sendiri-sendiri yang akan mempengaruhi variasi buka-tutup dari katup masuk dan buang.

2.6 Mekanisme Katup (*Valve Train*)

Komponen-komponen yang saling berhubungan dalam pergerakan katup disebut dengan mekanisme katup. Mekanisme katup pada mesin empat langkah sekarang ini, pada umumnya terletak dalam kepala silinder atau biasa disebut Over Head Cam (OHC). Komponen-komponen tersebut memiliki fungsi dan peranan masing-masing.



Gambar 2. 10 Mekanisme Katup
(Sumber : Putra,2013)

Bagian bagiannya :

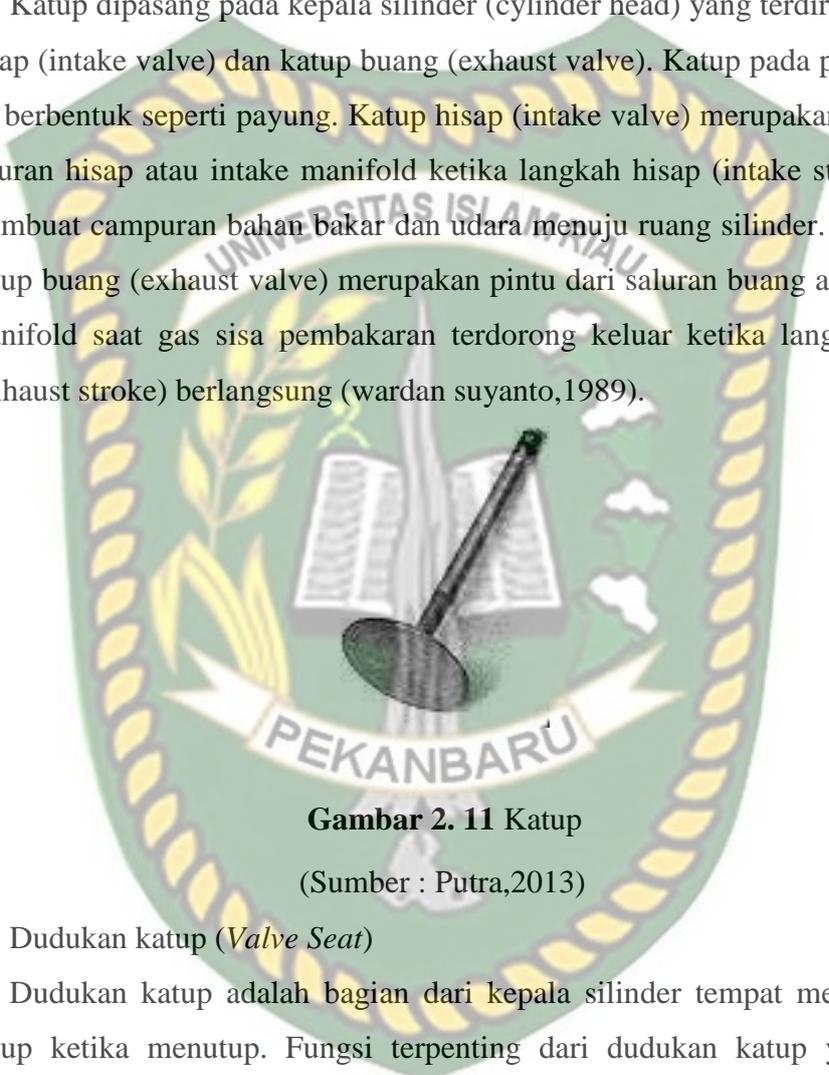
1. Pegas katup
2. Batang katup
3. Pengantar Katup
4. Ruang pendingin (Air)
5. Busi
6. Saluran masuk
7. Dudukan katup
8. Ruang bakar
9. Paking kepala silinder

Fungsi dan peranan dari tiap-tiap komponen mekanisme katup adalah

sebagai berikut :

1. Katup (*Valve*)

Katup dipasang pada kepala silinder (*cylinder head*) yang terdiri dari katup hisap (*intake valve*) dan katup buang (*exhaust valve*). Katup pada pembakaran ini berbentuk seperti payung. Katup hisap (*intake valve*) merupakan pintu dari saluran hisap atau intake manifold ketika langkah hisap (*intake stroke*) yang membuat campuran bahan bakar dan udara menuju ruang silinder. Sedangkan katup buang (*exhaust valve*) merupakan pintu dari saluran buang atau exhaust manifold saat gas sisa pembakaran terdorong keluar ketika langkah buang (*exhaust stroke*) berlangsung (wardan suyanto,1989).



Gambar 2. 11 Katup

(Sumber : Putra,2013)

2. Dudukan katup (*Valve Seat*)

Dudukan katup adalah bagian dari kepala silinder tempat menempelnya katup ketika menutup. Fungsi terpenting dari dudukan katup yaitu dapat memberikan kerapatan optimal saat katup hisap menutup atau intake valve closing (IVC) dan katup buang menutup atau exhaust valve closing (EVC).

3. Bantalan batang katup

Bantalan batang katup adalah bantalan berlubang untuk batang katup ketika Bergeraknya katup yang berada pada kepala silinder dengan cara memegang katup (Wardan Suyanto, 1989)

4. Pegas Katup (*Valve Spring*)

Pegas katup berfungsi untuk mengembalikan katup pada posisi menutup ketika tidak dalam keadaan membuka. Pegas katup dibutuhkan yang memiliki kekuatan yang cukup agar katup dapat menutup rapat ketika keadaan katup menutup (*valve closing*) dan tepatnya saat penutupan katup berlangsung

5. Pelatuk (*rocker arm*)

Pelatuk atau *rocker arm* adalah sebagai penerus gerakan tapet untuk menggerakkan katup membuka atau menutup dengan jalan menekan ujung dari batang katup. Pelatuk atau *rocker arm* yang bersifat seperti pengungkit memiliki angka perbandingan pelatuk (*rocker arm ratio*). Perbandingan pelatuk pada umumnya dipakai adalah 1:1 meskipun terdapat perbandingan yang lain yaitu 1:1,5 dan 1:2.

2.7 Parameter Unjuk Kerja Motor Bensin

2.7.1 Torsi Mesin

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar b , dengan data tersebut torsinya.

$$T = (F.L) \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

Dimana :

T = Torsi untuk mengetahui hasil kerja mesin (Nm)

F = Gaya (N)

L = Panjang lengan torsi (m) = 0,58 m

2.7.2 Daya (Power)

Daya didefinisikan sebagai hasil dari kerja, atau dengan kata lain daya merupakan kerja atau energi yang dihasilkan mesin per satuan waktu mesin itu beroperasi. Pada motor bakar, *break horse power* (BHP) merupakan besaran untuk mengindikasikan *horse power* aktual yang dihasilkan oleh mesin. Bhp biasanya diukur dengan peralatan pengukur daya yang ditempatkan pada *driveshaft* mesin.

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} \text{ (kW)} \dots\dots\dots \text{(pers 2)}$$

Dimana :

N_e = Daya untuk mengetahui hasil kerja mesin per satuan waktu (kW)

T = Torsi (Nm)

N = Putaran mesin (rpm)

2.7.3 Pemakaian Bahan Bakar tiap jam (kg/jam)

Pemakaian bahan bakar setiap jam adalah konsumsi bahan bakar yang akan dihitung dari volume bahan bakar dapat ditulis sebagai berikut :

$$m_f = (V_{bb} / t) \times \rho_{bb} \times 3600 \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots \text{(pers 3)}$$

Dimana :

V_{bb} = Volume bahan bakar (mL)

ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar (Pertalite = 747 kg/m³)

t = waktu yang dipakai untuk menghabiskan sejumlah x (detik)

2.7.4 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Pemakaian bahan bakar spesifik (SFC) merupakan konsumsi bahan bakar sebuah motor dihitung dari jumlah pemakaian bahan bakar tiap jam dibagi daya efektif mesin. Dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$SFC = m_f / N_e \text{ (kg / jam kW)} \dots\dots\dots \text{(pers 4)}$$

Dimana:

m_f = Pemakaian bahan bakar tiap jam (kg jam)

N_e = Daya efektif mesin (kW)

2.7.5 Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan menjadi energy output yang diminta dapat berupa kerja. Dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$\dot{\eta}_{th} = (N_e \times 3600) / (m_f \times LHV) \times 100 \% \dots\dots\dots(\text{pers } 6)$$

Dimana :

N_e = Daya efektif mesin (kW)

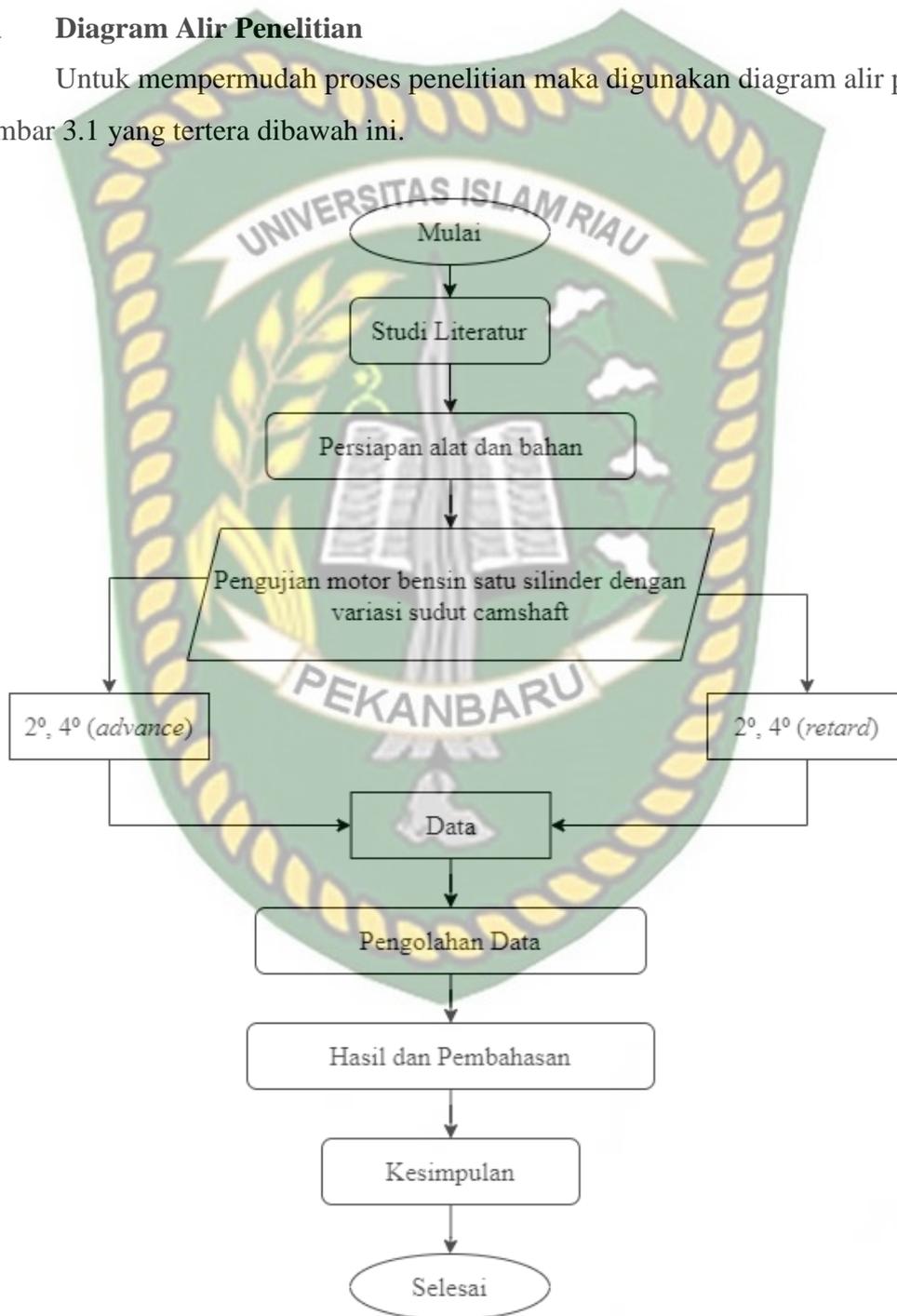
m_f = Pemakaian bahan bakara tiap jam (kg/jam)

LHV = Panas pembakaran rendah dari bahan bakar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses penelitian maka digunakan diagram alir pada gambar 3.1 yang tertera dibawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

- Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari tanggal 20 Februari 2021 sampai dengan tanggal 22 Februari 2021.
- Tempat pelaksanaan pengujian dilakukan di di Draco Racing Jln. Durian No 21 C Labuh Baru, Pekanbaru.



Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Sebelum melakukan pengujian bahan dan alat harus disediakan agar penelitian berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah motor bakar empat langkah tipe Yamaha 150 CC dengan spesifikasi sebagai berikut :

3.3.1 Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian ini adalah :

- Motor Bensin

Type mesin : 4 Langkah, 4 katup SOHC, silinder tunggal/tegak

Sistem pendingin : Pendingin cairan

Sistem suplay bahan bakar : fuel Injection

Diameter x Langkah : 57.0 x 58.7 mm

Kapasitas mesin : 150cc

Daya maksimum : 12,2 kW (16.59 PS) @8500rpm

Torsi maksimum : 14.5 Nm (1.48 kgf.m)@7500rpm

Perbandingan kompresi : 10.4 : 1

Kapasitas tangki : 12 Liter

Kapasitas minyak pelumas : 1,15 liter



Gambar 3. 3 Mesin 150 CC

- *Camshaft* dengan variasi sudut
 - a. *Advance* 2°



Gambar 3. 4 camshaft dengan variasi *advance* 2°

b. *Advance* 3°



Gambar 3. 5 camshaft dengan variasi *advance* 3°

c. *Advance* 4°



Gambar 3. 6 camshaft dengan variasi *advance* 4°

d. *Retard* 2°



Gambar 3. 7 camshaft dengan variasi *retard* 2°

e. *Retard 3°*



Gambar 3. 8 camshaft dengan variasi *retard 3°*

f. *Retard 4°*



Gambar 3. 9. camshaft dengan variasi *retard 4°*

- Dynotest adalah alat ukur untuk mengetahui unjuk kerja maksimal dari torsi dan daya yang dihasilkan pada sepeda motor.



Gambar 3. 10 Dynotest

- *Blower* atau kipas angin untuk alat bantu pendinginan mesin



Gambar 3. 11 *Blower*

- Tachometer merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur putaran mesin (rpm)



Gambar 3. 12 Tachometer

- Dial indicator adalah alat yg berfungsi sebagai alat ukur validasi pada katub hisap dan katup buang



Gambar 3. 13 Dial Indicator

- Busur putar 360° adalah alat untuk mengukur sudut durasi camshaft diletakkan pada magnet



Gambar 3. 14 Busur Putar 360°

- Feeler gauge berfungsi sebagai alat pengukur kelonggaran celah katup hisap dan katub buang



Gambar 3. 15 feeler gauge

- Tool set merupakan alat untuk membuka dan mengunci baut pada mesin



Gambar 3. 16 Tool set

3.3.2 Bahan

Bahan – bahan yang diperlukan dalam pengujian adalah :

- Adjustable sentrik gear sebagai alat yang digunakan untuk mengatur sudut pada camshaft



Gambar 3. 17 Adjustable Sentrik

- Bahan bakar (Pertalite) murni sebagai bahan bakar pada kendaraan



Gambar 3. 18 Bahan bakar (Pertalite)

- Oli sebagai pelumas pada mesin kendaraan



Gambar 3. 19 Oli

3.4 Pengujian Dan Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengujian dan pengambilan data seputar penelitian Kemudian data-data yang didapat dari pengukuran menggunakan alat ukur yang digunakan dicatat dan dilakukan analisa dan perhitungan.

3.5 Prosedur Pengujian

Penelitian ini menggunakan variasi perubahan poros nok (*camshaft*) dengan variasi sudut *advance* 2^0 , *advance* 3^0 , dan *advance* 4^0 , *retard* 2^0 , *retard* 3^0 , dan *retard* 4^0 . Pelaksanaan eksperimen ini dilakukan dua kali pengambilan data, sehingga diharapkan data yang didapat benar-benar valid.

Langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sebelum pengujian
 - a. Persiapan mesin uji yang meliputi pemasangan poros nok (*camshaft*) dengan variable yang digunakan.
 - Lepas tutup timing gear
 - Pasang adjustable gear pada poros nok
 - Geser dudukan timing gear sebesar :
 - 2^0 , 3^0 dan 4^0 *advance*
 - 2^0 , 3^0 dan 4^0 *retart*
 - Pasang kembali poros nok ke dalam kepala silinder dengan cara menepatkan tanda TMA dengan sesuai.

2. Langkah Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Menghubungkan mesin uji dengan alat penguji (*vehicle engine dynamometer*).
- b. Hidupkan mesin hingga mencapai suhu kerja mesin kemudian masukkan transmisi pada transmisi ke-4.
- c. Melakukan pengambilan data pada variasi sudut yang telah ditentukan.

- d. Melakukan pencatatan hasil pengukuran secara benar.
- e. Melakukan pengolahan data yang selanjutnya untuk diambil kesimpulan.

3.6 Hasil dan Kesimpulan

Setelah data diolah maka akan didapatkan hasil, yang kemudian akan dijadikan pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan dari pengaruh variasi sudut camshaft terhadap unjuk kerja motor bensin.

3.7 Kesimpulan

Setelah didapat hasil dan dilakukan pembahasan, maka kita akan mendapat kesimpulan dari pengaruh variasi sudut camshaft ini. Kesimpulan inilah yang kemudian akan dicocokkan dengan tujuan penelitian.

3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian tentang variasi sudut camshaft ini dapat berjalan optimal sesuai dengan waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

Jenis kegiatan	Bulan – Ke												
	1			2			3			4			
Pembuatan Proposal	■	■	■										
Study Literature				■	■	■							
Persiapan alat dan bahan							■	■	■				
Pengujian dan pengumpulan Data										■	■	■	■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

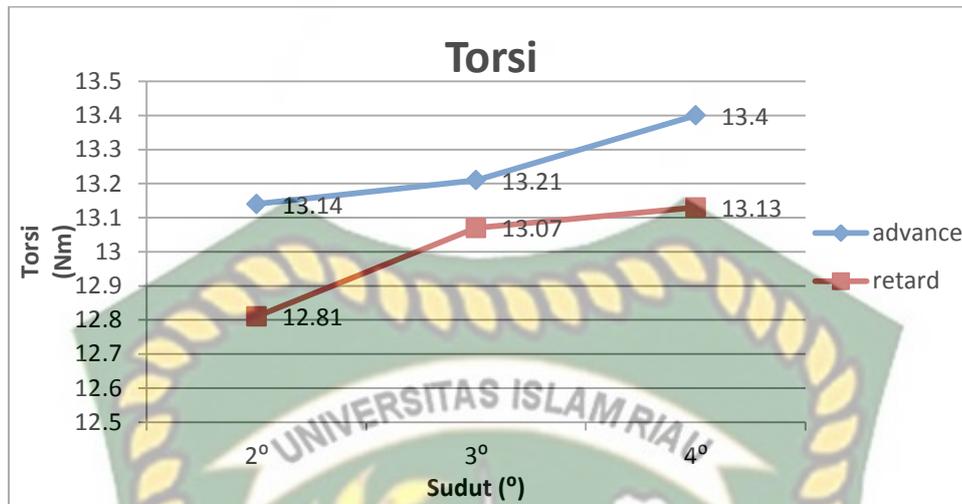
4.1 Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Torsi

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa sudut *camshaft* memiliki pengaruh terhadap torsi mesin. Untuk torsi mesin terbesar diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance* dengan nilai torsi mesin sebesar 13,40 Nm. Dan untuk torsi mesin terkecil adalah pada sudut *camshaft* 2° *retard* dengan nilai torsi mesin 12,81 Nm. Dimana pada sudut *camshaft* 2° *advance* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 13,14 Nm, untuk sudut *camshaft* 3° *advance* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 13,21 Nm, dan untuk sudut *camshaft* 4° *advance* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 13,40 Nm. Dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel torsi pada variasi sudut *camshaft advance* dan *retard*

No	Sudut	Posisi	Torsi (Nm)
1	2°	<i>Advance</i>	13,14
		<i>Retard</i>	12,81
2	3°	<i>Advance</i>	13,21
		<i>Retard</i>	13,07
3	4°	<i>Advance</i>	13,40
		<i>Retard</i>	13,13

Dan untuk sudut *camshaft* 2° *retard* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 12,81 Nm, untuk sudut *camshaft* 3° *retard* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 13,07 Nm, dan untuk sudut *camshaft* 4° *retard* diperoleh nilai torsi mesin sebesar 13,13 Nm. Dapat dilihat pada tabel 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik torsi pada variasi sudut *advance* dan *retard*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pada *camshaft* maka nilai torsi yang dihasilkan semakin besar, semakin kecil sudut pada *camshaft* maka nilai torsi yang dihasilkan semakin rendah. Hal tersebut terjadi karena semakin besar sudut *camshaft* maka pembukaan katub akan semakin awal, semakin awal pembukaan katup maka bahan bakar yang masuk keruang bakar akan semakin sedikit, energi panas yang dihasilkan dari hasil pembakaran yang sempurna tadi akan menghasilkan panas yang besar. Energi panas yang dirubah menjadi energi mekanik akan mendorong piston sehingga menghasilkan kerja yang meningkat dan torsi yang besar.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa posisi *advance* nilai torsi mesin semakin meningkat begitu pula pada posisi *retard* dimana nilai torsi mesin juga semakin meningkat. Namun nilai torsi tertinggi adalah pada posisi *advance*. Hal ini terjadi karena posisi *advance* adalah saat kerja katup diatur terlalu awal dibanding dengan standar. Posisi yang lebih awal tersebut mengakibatkan langkah hisap dan kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju, yang mengakibatkan torsi mesin dan daya mesin semakin besar.

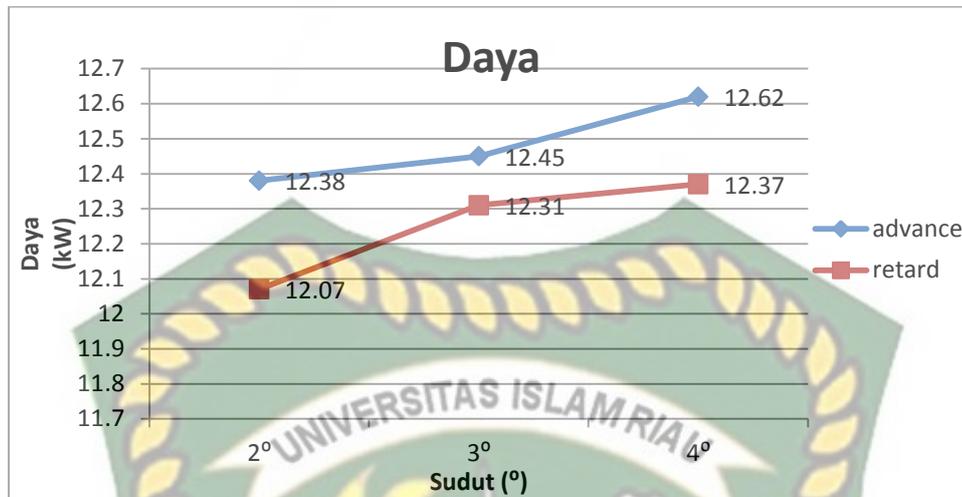
4.2 Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Daya

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa sudut *camshaft* memiliki pengaruh terhadap daya mesin. Untuk nilai daya mesin tertinggi diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance* dengan nilai daya mesin sebesar 12,62 kW. Dan untuk nilai daya mesin terendah diperoleh pada sudut *camshaft* 2° *retard* dengan nilai daya mesin 12,07 kW. Dimana untuk sudut *camshaft* 2° *advance* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,38 kW, untuk sudut *camshaft* 3° *advance* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,45, dan untuk sudut *camshaft* 4° *advance* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,62 kW. Dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tabel daya pada variasi sudut *camshaft advance* dan *retard*

No	Sudut	Posisi	Daya (kW)
1	2°	<i>Advance</i>	12,38
		<i>Retard</i>	12,07
2	3°	<i>Advance</i>	12,45
		<i>Retard</i>	12,31
3	4°	<i>Advance</i>	12,62
		<i>Retard</i>	12,37

Dan untuk sudut *camshaft* 2° *retard* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,07 kW, untuk sudut *camshaft* 3° *retard* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,31 kW. Dan untuk sudut *camshaft* 4° *retard* diperoleh nilai daya mesin sebesar 12,37 kW. Dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik daya pada variasi sudut *camshaft advance* dan *retard*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar sudut *camshaft* maka nilai daya semakin besar, semakin kecil sudut *camshaft* maka nilai daya yang dihasilkan semakin rendah. Hal tersebut terjadi karena semakin besar sudut *camshaft* maka semakin awal katub hisap terbuka, dan akan semakin awal bahan bakar akan masuk keruang bakar, sehingga akan menghasilkan panas yang besar. Gaya dorong yang besar dari proses pembakaran yang sempurna dapat mendorong kepala piston. Sehingga menghasilkan daya yang meningkat.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa posisi *advance* nilai daya mesin semakin meningkat begitu pula pada posisi *retard* dimana nilai daya mesin juga semakin meningkat. Namun nilai daya mesin tertinggi diperoleh pada posisi *advance*. Hal ini terjadi karena posisi *advance* adalah saat kerja katup diatur terlalu awal dibanding dengan standar. Posisi yang lebih awal tersebut mengakibatkan langkah hisap dan kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju, yang mengakibatkan torsi mesin dan daya mesin semakin besar.

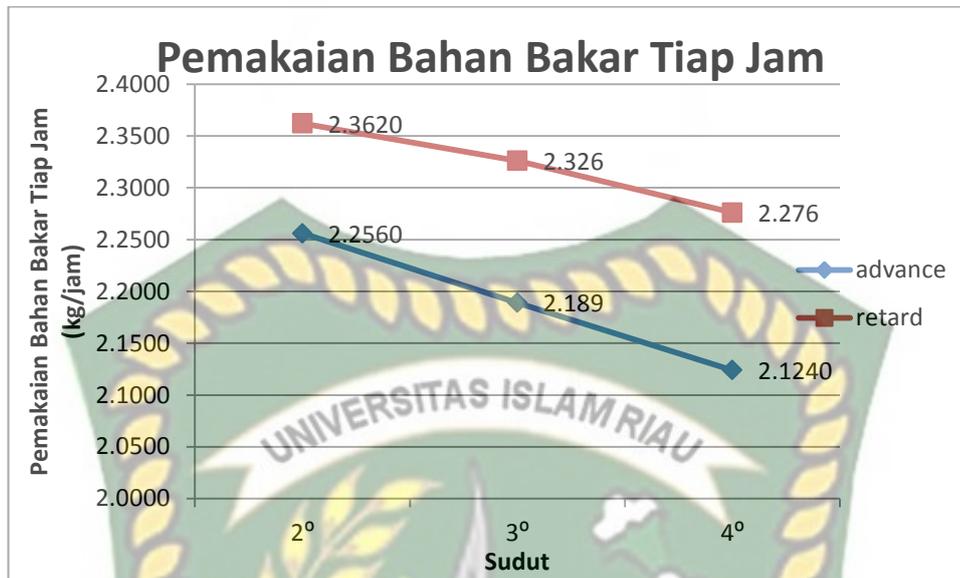
4.3 Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Setiap Jam

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa sudut *camshaft* memiliki pengaruh terhadap pemakaian bahan bakar tiap jam pada mesin. Untuk pemakaian bahan bakar setiap jam tertinggi diperoleh pada sudut *camshaft* 2° *retard* dengan nilai pemakaian bahan bakar sebesar 2,362 kg/jam. Untuk nilai pemakaian bahan bakar tiap jam terendah diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance* dengan nilai pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,124 kg/jam. Dimana untuk sudut 2° *advance* diperoleh pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,258 kg/jam, untuk sudut 3° *advance* diperoleh pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,186 kg/jam, dan untuk sudut 4° *advance* diperoleh pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,124 kg/jam, dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan pemakaian bahan bakar tiap jam pada variasi *camshaft* *advance* dan *retard*

No	Sudut	Posisi	Pemakaian Bahan Bakar Tiap Jam (kg/jam)
1	2°	<i>Advance</i>	2,258
		<i>Retard</i>	2,362
2	3°	<i>Advance</i>	2,186
		<i>Retard</i>	2,326
3	4°	<i>Advance</i>	2,124
		<i>Retard</i>	2,276

Dan hasil pengujian untuk sudut *camshaft* 2° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,362 kg/jam, dan untuk sudut *camshaft* 3° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar tiap jam sebesar 2,326 kg/jam, dan untuk sudut *camshaft* 4° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar tiap jam sejumlah 2,276 kg/jam. Dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik pemakaian bahan bakar tiap jam pada setiap variasi *camshaft advance* dan *retard*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar sudut penggeseran *camshaft* maka nilai pemakaian bahan bakar tiap jam semakin kecil. Hal tersebut terjadi karena semakin besar penggeseran sudut maka waktu pembukaan katub akan semakin awal, semakin awal pembukaan katub hisap maka semakin cepat juga katub tertutup. Dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar menjadi lebih rendah

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa posisi *advance* nilai pemakaian bahan bakar tiap jam pada mesin semakin menurun begitu pula pada posisi *retard* dimana nilai pemakaian bahan bakar tiap jam pada mesin juga semakin menurun. Namun nilai pemakaian bahan bakar tiap jam pada mesin terendah diperoleh pada posisi *advance*. Hal ini terjadi karena posisi *advance* adalah saat kerja katup diatur terlalu awal dibanding dengan standar. Posisi yang lebih awal tersebut mengakibatkan langkah hisap dan kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju, yang mengakibatkan jumlah bahan bakar yang masuk keruang bakar menjadi lebih rendah.

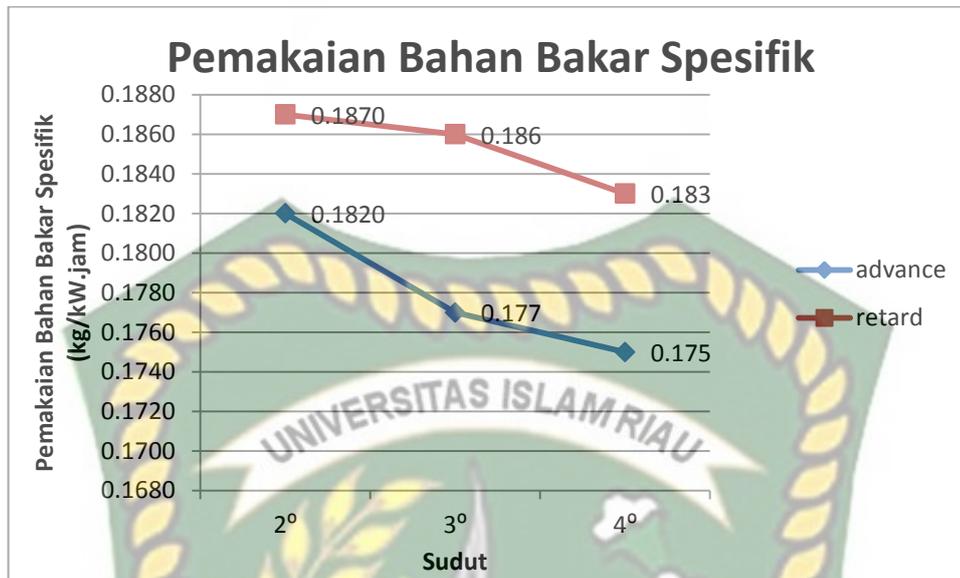
4.4 Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa sudut *camshaft* memiliki pengaruh terhadap pemakaian bahan bakar spesifik pada mesin. Untuk nilai pemakaian bahan bakar spesifik tertinggi diperoleh pada sudut *camshaft* 2° *retard* dengan nilai sebesar 0,187 kg/kW.jam. Untuk nilai pemakaian bahan bakar spesifik terendah diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance* dengan nilai sebesar 0,175 kg/kW.jam. Dimana untuk *camshaft* sudut 2° *advance* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,182 kg/kW.jam, untuk *camshaft* sudut 3° *advance* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,177 kg/kW.jam, dan untuk *camshaft* sudut 4° *advance* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,175 kg/kW.jam, dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan pemakaian bahan bakar spesifik pada variasi sudut *camshaft* *advance* dan *retard*

No	Sudut	Posisi	Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (kg/kW.jam)
1	2°	<i>Advance</i>	0.182
		<i>Retard</i>	0.187
2	3°	<i>Advance</i>	0.177
		<i>Retard</i>	0.186
3	4°	<i>Advance</i>	0.175
		<i>Retard</i>	0.183

Dan untuk sudut *camshaft* 2° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,187 kg/kW.jam, untuk sudut *camshaft* 3° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,186 kg/kW.jam, dan untuk sudut *camshaft* 4° *retard* diperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik sebesar 0,183 kg/kW.jam. dapat dilihat pada tabel 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik pemakaian bahan bakar spesifik pada variasi *camshaft advance* dan *retard*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar sudut *camshaft* maka semakin rendah pula pemakaian bahan bakar spesifik yang diperoleh. Hal ini dikarenakan penggeseran sudut *camshaft* dapat menghasilkan pembakaran sempurna sehingga tekanan gas hasil pembakaran bisa maksimal menekan torak sehingga torsi semakin besar. Kerena torsi mengalami peningkatan, daya yang dihasilkan juga besar. Daya yg besar diperoleh panas dari hasil pembakaran yg besar..

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa posisi *advance* nilai pemakaian bahan bakar spesifik mesin semakin menurun begitu pula pada posisi *retard* dimana nilai pemakaian bahan bakar spesifik mesin juga semakin menurun. Namun nilai pemakaian bahan bakar spesifik mesin terendah diperoleh pada posisi *advance*. Hal ini terjadi karena posisi *advance* adalah saat kerja katup diatur terlalu awal dibanding dengan standar. Posisi yang lebih awal tersebut mengakibatkan langkah hisap dan kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju, yang mengakibatkan jumlah pemakaian bahan bakar spesifik mesin menjadi mengecil.

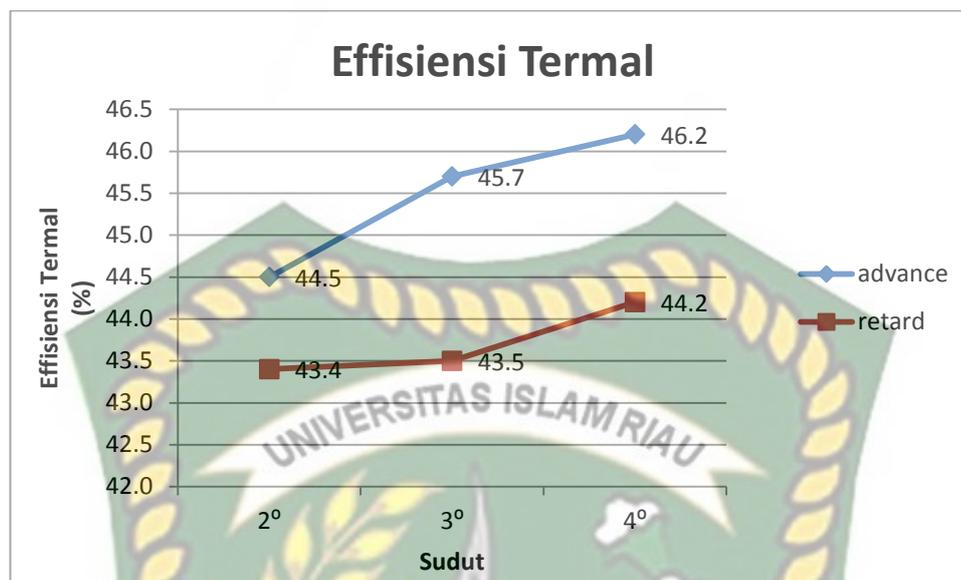
4.5 Pengaruh Variasi Sudut *Camshaft* Terhadap Efisiensi Termal

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa sudut *camshaft* memiliki pengaruh terhadap efisiensi termal mesin, untuk nilai efisiensi termal mesin tertinggi diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance* yaitu dengan nilai sebesar 46,3 %. Untuk nilai efisiensi termal mesin terendah diperoleh pada sudut *camshaft* 2° *retard* dengan nilai efisiensi termal mesin sebesar 43,4 %. dimana untuk sudut *camshaft* 2° *advance* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 44,5 %, untuk sudut *camshaft* 3° *advance* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 45,7 %, dan untuk sudut *camshaft* 4° *advance* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 46,2 %. Dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan efisiensi termal pada variasi *camshaft advance* dan *retard*

No	Sudut	Posisi	Efisiensi Termal (%)
1	2°	<i>Advance</i>	44,5
		<i>Retard</i>	43,4
2	3°	<i>Advance</i>	45,7
		<i>Retard</i>	43,5
3	4°	<i>Advance</i>	46,3
		<i>Retard</i>	44,2

Dan untuk sudut *camshaft* 2° *retard* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 43,4 %, untuk sudut *camshaft* 3° *retard* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 43,5 %, dan untuk sudut *camshaft* 4° *retard* diperoleh nilai efisiensi termal mesin sebesar 44,2 %. Dapat dilihat pada tabel 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik efisiensi termal pada variasi sudut *camshaft advance* dan *retard*

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa sudut *camshaft* berpengaruh pada efisiensi termal, dimana semakin besar sudut *camshaft* maka semakin besar nilai efisiensi termal yang didapat. Hal ini terjadi karena pembakaran yang sempurna menghasilkan panas yang besar, nilai panas yang dihasilkan dari proses pembakaran itu diubah dalam bentuk kerja untuk mendorong kepala piston bergerak kebawah. Semakin banyak panas yang dapat diubah menjadi tenaga maka semakin besar nilai efisiensi termal.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa posisi *advance* nilai efisiensi termal mesin semakin meningkat begitu pula pada posisi *retard* dimana nilai efisiensi termal mesin juga semakin meningkat. Namun nilai efisiensi termal mesin tertinggi diperoleh pada posisi *advance*. Hal ini terjadi karena posisi *advance* adalah saat kerja katup diatur terlalu awal dibanding dengan standar. Posisi yang lebih awal tersebut mengakibatkan langkah hisap dan kompresi menjadi lebih awal dan didapatkan overlap yang lebih maju, yang mengakibatkan efisiensi termal mesin semakin meningkat.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, perhitungan dan analisa terhadap pengaruh variasi sudut *camshaft* pada motor bensin, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian pada unjuk kerja motor bensin dan analisa yang dilakukan menunjukkan ada pengaruh variasi sudut *camshaft* terhadap unjuk kerja motor bensin. Dimana semakin besar sudut *camshaft* yang diberikan maka unjuk kerja pada motor bensin yang dihasilkan akan lebih baik. Bisa dilihat pada variasi setiap sudut *camshaft* dimana dihasilkan unjuk kerja mesin yang meningkat.
2. Sudut *camshaft* yang memiliki unjuk kerja motor bensin yang terbaik diperoleh pada sudut *camshaft* 4° *advance*, dimana memperoleh nilai torsi mesin tertinggi yaitu sebesar 13,40 Nm dan memperoleh nilai daya mesin tertinggi sebesar 12,62 Nm, dengan memperoleh nilai pemakaian bahan bakar tiap jam mesin yang terendah yaitu sebesar 2,214 kg/jam, dengan memperoleh nilai pemakaian bahan bakar spesifik mesin terendah yaitu dengan nilai 0,175 kg/kW.jam, dan memperoleh nilai efisiensi termal mesin tertinggi yaitu sebesar dengan nilai 46,2 %.

5.2 Saran

Adapun saran Setelah dilakukan serangkaian pengujian, perhitungan dan analisa terhadap pengaruh variasi sudut *camshaft* pada motor bensin yg dilakukan sebagai adalah berikut:

1. Perubahan sudut *camshaft* semacam ini masih dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu lama. Dengan mengacu pada hasil penelitian ini diharapkan adanya alat perubahan sudut *camshaft* pada sepeda motor yang dapat berubah secara otomatis misalnya dengan kontrol elektronik
2. Peneliti berharap penelitian selanjutnya apakah dampak negatif pada penggeseran sudut *camshaft* terhadap konstruksi motor bakar bensin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M. C. (2018). *Pengaruh Variasi Perubahan Kontur Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Pada Motor Bensin*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Ardi, S. (2020). *PENGARUH VARIASI DURASI CAMSHAFT TERHADAP PERFORMANCE DAN EMISI GAS BUANG*. Semarang: Pendidikan Teknik Mesin Otomotif Universitas IVET.
- Bell, G. (1998). *four stroke performance timing*. Great Britain: Haynes.
- Budiman, n. A. (n.d.). *Efektifitas Perubahan Valve Timing ditinjau dari Torsi dan Daya pada Mesin Empat Lanngkah*.
- fahrisal. (2016). *Pembuatan Alat Uji Prestasi Mesin Motor Bakar Bensin Yamaha Lexam 115 CC*. Pasir Pengaraian: Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
- Ghaly, M. S. (2019). *Analisa Perubahan Diameter Bace Cicle camshaft Terhadap Daya Dan Torsi Pada Sepeda Motor*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Muhajir, H. K. (2018). *Pengaruh Variasi Tinggi Lift, Lobe Sparatio Angle, dan Roller Rocker Arm Terhadap unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah*. Manado: Universitas Negeri Manado.
- Nuramal, A. (2014). *ANALISA PENGARUH VARIASI PROFIL CAMSHAFT STANDAR DAN MODIFIKASI PADA GERAKAN PENUTUPAN KATUP MASUK TERHADAP TORSI, DAYA DAN SPESIFIK KONSUMSI BAHAN BAKAR MESIN SIKLUS OTTO DENGAN PENDEKATAN SIKLUS ATKINSON*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Putra, F. S. (2013). *PENGARUH VARIASI DURASI CAMSHAFT TERHADAP*. Jember: Universitas Jember.
- Suyanto, W. (1989). *Teori Motor Bensin*. Jakarta: Depdikbud.
- Yuono, L. D. (2020). *Pengaruh perubahan sudut camshaft terhadap performa mesin*. Lampung: Universitas Muhammadiyah Metro.