



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISASI KINERJA MESIN 4-TAK 100cc PADA 3
KONFIGURASI BUKAAN KATUP UNTUK PENGEMBANGAN
MEKANISME *VVT SOHC***

SKRIPSI

STANLEY NATHAN

0806330491

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JANUARI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISASI KINERJA MESIN 4-TAK 100cc PADA 3
KONFIGURASI BUKAAN KATUP UNTUK PENGEMBANGAN
MEKANISME *VVT SOHC***

SKRIPSI

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

STANLEY NATHAN

0806330491

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JANUARI 2012

UNIVERSITAS INDONESIA

HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri ,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Stanley Nathan

NPM : 0806330491

Tanda Tangan : 

Tanggal : 26 januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Stanley Nathan

NPM : 0806330491

Program Studi : Teknik Mesin

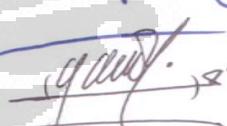
Judul Skripsi : KARAKTERISASI KINERJA MESIN 4-TAK
100cc PADA 3 KONFIGURASI BUKAAN
KATUP UNTUK PENGEMBANGAN
MEKANISME *VVT SOHC*

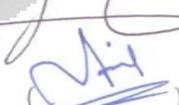
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. R. Danardono Agus Sumarsono DEA. PE ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiharto, M.Eng. ()

Penguji : Dr. Ir. Gandjar Kiswanto M.Eng ()

Penguji : Dr. Ario Sunar Baskoro S.T., M.T., M.Eng ()

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan berkatnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. R. Danardono Agus Sumarsono DEA. PE selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof.Dr. Ir. Bambang Sugiharto, M.Eng, Dr. Ir. Gandjar Kiswanto M.Eng, Dr. Ario Sunar Baskoro S.T., M.T., M.Eng sebagai penguji sidang skripsi.
3. Ayah, Ibu, kakak dan adikku tercinta, atas dukungan yang diberikan tanpa hentinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. PT AHM bagian PQE, Bapak Hendry Gunawan sebagai sub- dept head UMDS, Bapak Illa Husniawan dan Yohanes Wahyu sebagai staff lab Chassis dyno.
5. Jesisca Effendy yang selalu membantu, mendukung serta mendoakan dalam suka dan duka.
6. Julius Antoni dan Teguh Santoso, ST yang telah membantu dalam pengambilan data percobaan.
7. Martinus Putra, Ragil Tri Indrawati, Dea adriani, Eric Gunawan, teman-teman lainnya dan pihak-pihak yang mendukung serta teman-teman lainnya yang tidak bisa satu per satu.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 26 Januari 2012

Stanley Nathan

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang beretanda tangan di bawah ini:

Nama : Stanley Nathan

NPM : 0806330491

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“KARAKTERISASI KINERJA MESIN 4-TAK 100cc PADA 3 KONFIGURASI
BUKAAN KATUB UNTUK PENGEMBANGAN MEKANISME *VVT SOHC*”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 26 Januari 2012

Yang menyatakan,



Stanley Nathan

ABSTRAK

Nama: Stanley Nathan

Program studi: Teknik Mesin

Judul:

Pada skripsi ini dilakukan penelitian terhadap karakterisasi kinerja mesin terhadap pengaruh perubahan sudut cam *intake* sepeda motor sebagai tahap awal untuk pengembangan *variable valve timing*. Dengan melakukan perubahan sudut ini maka akan berpengaruh terhadap waktu bukaan dan *overlapping* yang berdampak pada performa mesin tersebut. Dari hasil percobaan ini akan terlihat pengaruh dari perubahan sudut bukaan yang kemudian dianalisa untuk mendapatkan parameter-parameter dari kondisi sudut bukaan yang efektif pada beberapa kondisi. Dari parameter itulah bisa didapatkan data awal untuk melakukan pengembangan lebih lanjut mengenai mekanisme dari *variable valve timing* pada *camshaft* sepeda motor.

Kata kunci:

Camshaft, Overlapping, daya motor, Emisi gas buang, konsumsi bahan bakar

ABSTRAK

Name: Stanley Nathan

Study Program: Mechanical engineering

Title:

This research is about performance characterization of 4-stroke engine in 3 configuration, of *intake* cam degree. As the result, the changing of cam *intake* degree is effect the *intake* timing that related with *Overlapping* time. The result is used to be preliminary data for future development of mechanism of variable valve timing *Camshaft*. This result data is analyzed to obtain effective parameters of *intake* timing condition in a certain condition. From that parameter, then it can be used to make a control mechanism for this variable valve timing *Camshaft*.

Key word:

Camshaft, Overlapping, engine power, fuel consumption, gas emission.

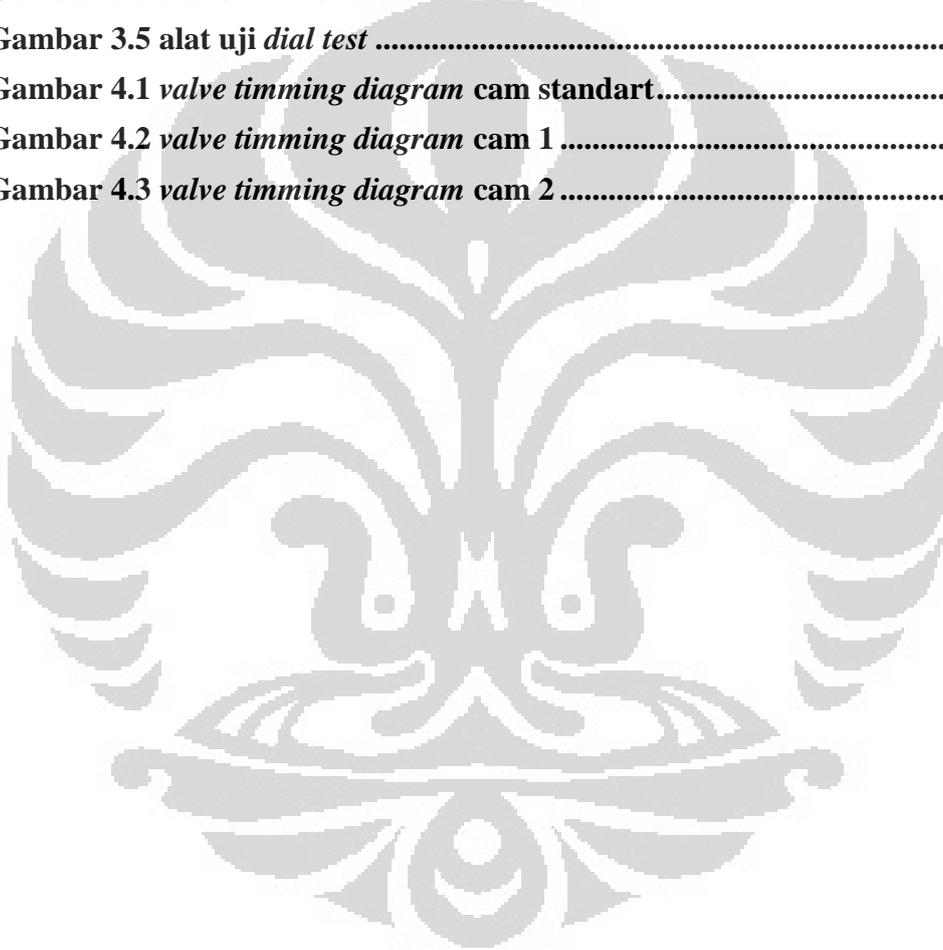
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	4
2.1. Mesin otto	4
2.2. <i>Camshaft</i>	6
2.3. <i>Overlapping</i>	6
2.5. Tekanan kompresi.....	8
2.6. Spesifik fuel consumption	8
2.7. Siklus 4 langkah.....	9
2.7. Efisiensi volumetric	10
2.8. Dynometer	10
2.8. Alat uji emisi	11
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	12
3.1. Rancangan penelitian.....	12
3.2. Prosedur pengambilan data	14
3.3. Alat uji yang digunakan.....	14
3.3. Prosedur penggunaan alat uji.	18
3.2.1. <i>Prosedur pengujian dial test:</i>	18
3.2.2. <i>Prosedur penggunaan dynotest dan fuel flow meter</i>	19

3.2.3. <i>Prosedur penggunaan gas analyzer</i>	19
3.4. <i>Prosedur pengambilan data</i>	20
BAB 4 HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	21
4.1. <i>Data performa mesin dengan cam sudut standart</i>	21
4.2. <i>Data performa mesin dengan sudut kondisi 1</i>	23
4.3. <i>Data performa mesin dengan sudut kondisi 2</i>	25
4.4. <i>Data emisi gas buang dengan cam sudut standart</i>	27
4.5. <i>Data emisi gas buang mesin dengan sudut kondisi 1</i>	28
4.6. <i>Data emisi gas buang dengan sudut kondisi 2</i>	29
4.7. <i>Data konsumsi bahan bakar dengan cam sudut standart</i>	29
4.8. <i>Data konsumsi bahan bakar dengan sudut kondisi 1</i>	30
4.9. <i>Data konsumsi bahan bakar dengan sudut kondisi 2</i>	31
4.10. <i>Analisa pengaruh perubahan Camshaft</i>	32
4.10.1. <i>Analisa daya yang dihasilkan</i>	32
4.10.2. <i>Analisa konsumsi bahan bakar yang digunakan</i>	34
4.10.3. <i>Analisa Brake specific fuel consumption</i>	37
4.10.4. <i>Analisa Efisiensi volumetric</i>	38
4.10.5. <i>Analisa hasil uji emisi</i>	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. KESIMPULAN	44
5.2. SARAN	44
DAFTAR REFERENSI	45
Lampiran	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ratio kompresi	7
Gambar 2.2 siklus mesin otto 4 langkah	9
Gambar 2.3 Gas analyzer techno test 488 plus	11
Gambar 3.2 proses pengetesan chassis dyno	15
Gambar 3.3 alat ukur konsumsi bahan bakar.	16
Gambar 3.5 alat uji <i>dial test</i>	18
Gambar 4.1 <i>valve timing diagram</i> cam standart.....	21
Gambar 4.2 <i>valve timing diagram</i> cam 1	23
Gambar 4.3 <i>valve timing diagram</i> cam 2	25



DAFTAR TABEL

Table 4.1 hasil pengujian performa mesin dengan cam standart.....	22
Table 4.2 hasil pengujian performa mesin dengan cam kondisi 1.....	24
Table 4.3 hasil pengujian performa mesin dengan cam kondisi 2.....	26
Table 4.4 data pengujian gas buang dengan kondisi standart.....	27
Table 4.6 data pengujian gas buang dengan kondisi 2	29
Table 4.7 data pengujian konsumsi bahan bakar	30
Table 4.8 data pengujian konsumsi bahan bakar	30
Table 4.5 data pengujian gas buang dengan kondisi 1.	28
Table 4.9 data pengujian konsumsi bahan bakar	31
Table 4.10 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi standart	35
Table 4.11 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi 1	36
Table 4.11 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi 1	36

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik power dengan RPM	32
Grafik 4.2 grafik konsumsi bahan bakar terhadap kecepatan.....	34
Grafik 4.3 nilai Brake specific fuel consumption	37
Grafik 4.4 nilai efisiensi volumetrik	38
Grafik 4.5 hasil uji emisi untuk cam standart.....	39
Grafik 4.6 hasil uji emisi kondisi cam 1	40
Grafik 4.7 hasil uji emisi cam kondisi 2	41
Grafik 4.8 Selisih antara hasil emisi cam standart dengan cam 1.....	42
Grafik 4.9 Selisih antara hasil emisi cam standart dengan cam 2.....	43
Grafik 4.10 Selisih antara hasil emisi cam 1 dengan cam 2	43



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada kondisi saat ini, permasalahan yang sedang banyak dibahas adalah mengenai konsumsi energi di dunia ini yang terus bertambah. Hal ini memang tidak salah namun terdapat beberapa konsekuensi negatif yang timbul akibat penggunaan energi ini salah satunya adalah menipisnya cadangan bahan bakar minyak di bumi. Hal ini menjadi masalah besar karena bahan bakar minyak digunakan sebagai sumber utama penghasil energy di dunia ini sedangkan sumber energi ini termasuk kedalam kategori sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Ketergantungan kita terhadap terhadap bahan bakar minyak yang terus menipis membuat kita perlu memikirkan cara untuk mencari sumber energi yang lain namun hal tersebut membutuhkan penelitian yang tidak sebentar. Oleh karena itu untuk masa sekarang ini yang dapat kita lakukan adalah mengoptimalkan penggunaan bahan bakar minyak tersebut agar pemakaiannya menjadi lebih efisien.

Usaha penghematan dilakukan mulai dari mencari metode baru untuk pemanfaatan yang lebih optimal hingga melakukan modifikasi metode yang telah ada yang kemudian dikembangkan lebih lanjut untuk mencapai tingkat efisiensi. Mesin yang ikut dikembangkan untuk mencari tingkat efisiensi yang optimal salah satunya adalah mesin dengan siklus otto 4 langkah. Pada mesin jenis ini dilakukan pengembangan dari berbagai sisi mulai dari menambah jumlah katub, menggunakan *electronic fuel injection (EFI)*, sampai dengan memodifikasi cam shaft yang mengatur bukaan katub *intake* dan *exhaust*.

Langkah peningkatan efisiensi berujung pada penghematan bahan bakar atau konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit. Namun hal ini juga mempunyai sisi negatif seperti kurangnya tenaga yang dihasilkan dari mesin kerja tersebut Hal inilah yang harus dihindari dari modifikasi mesin otto 4 langkah. Modifikasi yang harus dibuat perlu memperhatikan performa mesin yang digunakan serta tetap ekonomis dalam penggunaan bahan bakar

Modifikasi yang masih terus dikembangkan salah satunya adalah pada bagian *Camshaft* yaitu dengan membuat *Camshaft* yang bisa bergerak sehingga bisa menghasilkan waktu bukaan yang bervariasi bergantung dengan kebutuhan. Teknologi ini lebih dikenal dengan *variable camshaf* Teknologi ini sudah banyak diterapkan pada kendaraan roda 4 di berbagai merek namun untuk kendaraan roda 2 masih cukup jarang sehingga perlu dilakukan pengembangan teknologi pada bidang tersebut.

Namun belum ada data yang cukup mengenai sudut yang optimal untuk performa mesin. Padahal pengguna sepeda motor di Indonesia sudah mencapai lebih dari 52 juta pengendara. Oleh karena itu dengan dilakukan penelitian ini maka diharapkan kita mempunyai data mengenai sudut hal tersebut. Sehingga jika teknologi ini diterapkan maka dapat membantu untuk meningkatkan efisiensi mesin tersebut yang bisa membantu menghemat bahan bakar.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat karakteristik kinerja pada mesin 4-tak 100 cc pada beberapa kondisi sudut bukaan. Dari percobaan ini bisa dilihat efek dari perubahan tersebut yang kemudian dilakukan analisa terhadap dampak dari perubahan tersebut. Pada akhirnya dari penelitian ini bisa didapat parameter yang dapat digunakan sebagai data awal untuk pengembangan selanjutnya dari mekanisme VVT pada sepeda motor.

1.3 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini hanya akan membahas mengenai dampak penggunaan *Camshaft* dengan sudut yang berbeda-beda yang ditinjau dari parameter berikut ini:

- Daya pada roda,
- Emisi gas buang yang dihasilkan,
- Konsumsi bahan bakar

1.4 Metode Penelitian

Metode-metode yang digunakan di dalam penelitian skripsi ini meliputi :

- Studi literatur berasal dari sumber buku, berhubungan dengan teori motor pembakaran dalam
- Melakukan eksperimen dengan untuk mendapatkan data yang diinginkan dengan menggunakan alat uji yang sesuai
- Melakukan analisa dan pengambilan kesimpulan dari data- data yang telah didapat saat melakukan pengambilan data.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan skripsi ini adalah berdasarkan format seperti penulisan makalah ilmiah yakni:

- **Bab 1 Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, batasan penelitian, dan metode penulisan yang berkaitan dengan penelitian ini.

- **Bab 2 Dasar Teori**

Berisi penjelasan teori singkat mengenai hal-hal yang berhubungan

- **Bab 3 Hasil Percobaan**

Pemaparan data dari hasil percobaan beserta keterangan - keterangan lainnya yang diperlukan untuk mendukung keakuratan data yang didapat.

- **Bab 4 Analisa Data.**

Penjabaran hasil analisa dari data - data yang didapat yang dikaitkan dengan teori yang telah dikemukakan sehingga bisa diambil suatu kesimpulan.

- **Bab 5 Penutup**

Memberikan hasil kesimpulan dari penelitian dan studi yang telah dilakukan serta memberikan rekomendasi / saran terhadap hal-hal yang perlu dilakukan

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Mesin otto

Mesin otto adalah mesin pembakaran dalam yang merubah energi kimia menjadi energi panas yang membuat volume dalam ruang bakar menjadi tereksipansi yang mengakibatkan terdorongnya piston yang kemudian menghasilkan energi mekanis. Proses pembakaran mesin otto menggunakan percikan api (*spark*) sehingga mesin otto masuk kedalam kategori *spark ignition engine*. Percikan api didalam ruang bakar dihasilkan oleh busi yang berada didalam ruang bakar. Busi tersebut digunakan untuk menyalakan campuran udara bahan bakar. Campuran udara bahan bakar masuk kedalam ruang bakar melalui katub *intake* yang diatur waktu bukaannya dengan menggunakan *Camshaft*.

Pada mesin otto yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan 1 buah piston dengan isi volume silinder sekitar 100cc. Sistem pengapian pada mesin yang digunakan ini dilakukan dengan menggunakan CDI sedangkan untuk sistem pemasukan bahan bakar menggunakan karburator. Karburator adalah alat yang digunakan untuk mencampur udara bahan bakar sebelum masuk kedalam ruang bakar.

Komponen –komponen penting yang ada di dalam mesin otto antara lain:

- Katub *intake*

Katub *intake* adalah katub yang berfungsi untuk mengalirkan campuran udara bahan bakar kedalam ruang bakar. Jumlah katub *intake* pada mesin ini berjumlah 1 buah Katub *intake* bergerak berdasarkan pergerakan *Camshaft* dimana saat *Camshaft* bergerak mendorong rocker arm yang kemudian rocker arm tersebut mendorong katub *intake* sehingga katub *intake* terbuka

- *Katub exhaust*

Katub *exhaust* adalah katub yang berfungsi untuk membuang gas sisa pembakaran dari ruang bakar. Sama seperti katub *intake*, pergerakan katub *exhaust* diatur oleh pergerakan rocker arm yang diakibatkan oleh pergerakan *Camshaft*.

- *Rocker arm*

Rocker arm adalah komponen penggerak katub yang terhubung dengan gerakan *Camshaft*. *Rocker arm* bergerak seperti pengungkit yang mendorong katub untuk terbuka dan tertutup.

- Busi (*spark*)

Busi atau *spark* adalah komponen pemercik api yang berfungsi untuk menyalahkan campuran udara bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar. Percikan buang api yang dihasilkan oleh busi bersumber dari accu motor yang kemudian disalurkan ke coil baru diteruskan ke busi melalui CDI

- CDI

CDI yang merupakan singkatan dari capacitor discharge ignition adalah salah satu sistem pengapian yang banyak digunakan pada motor bakar sekarang ini. Sistem ini juga dikenal sebagai sistem pengapian elektronik. Keunggulan CDI salah satunya adalah menghasilkan arus yang konstan pada putaran mesin berapapun.

- Piston

Piston adalah komponen yang berfungsi untuk menerima tekanan atau ekspansi pembakaran kemudian diteruskan ke *crankshaft* melalui *connecting rod*. Komponen yang menghubungkan antara *piston* dengan *connecting rod* disebut *piston pin*. *Piston* harus mempunyai sifat tahan terhadap tekanan tinggi dan dapat bekerja dalam kecepatan tinggi.

- *Connecting rod*

Connecting rod adalah bagian yang menghubungkan antara *piston* dengan *crankshaft*. *Connecting rod* ini secara berulang-ulang bekerja dengan penuh kekuatan menerima beban. Oleh karena itu *connecting rod* dibuat dari bahan baja spesial.

2.2. Camshaft

Camshaft dapat digerakkan dengan menggunakan timing belt dari putaran *crankshaft*. *Camshaft* disangga oleh bearing di bagian depan dan belakang dari *crankcase*. Poros ini biasanya bentuknya tidak simetris, terdapat tonjolan-tonjolan disepanjang poros. Tonjolan ini disebut cam dan terdapat satu untuk setiap katup

2.3. Overlapping

Overlapping adalah kondisi dimana keadaan katub *intake* dan katub *exhaust* terbuka bersamaan. Kondisi *overlapping* membantu meningkatkan performa mesin dan efisiensi. Saat katup *intake* terbuka bahan bakar masuk kedalam ruang bakar dan membantu mendorong gas sisa pembakaran untuk keluar melalui katup *exhaust* sehingga pembakaran dapat lebih sempurna. Kekurangan dari *overlapping* adalah terdapat kemungkinan bahan bakar ikut keluar ke katup *intake* walaupun dalam jumlah kecil.

2.4. Ratio kompresi

Ratio kompresi adalah perbandingan volume antara volume total silinder dengan volume ruang bakarnya. Volume total adalah penjumlahan dari volume silinder dan volume ruang bakar. Volume ruang bakar adalah volume sisa saat piston berada di TMA

$$CR = \frac{V_s + V_c}{V_c} \quad (2.1)$$

$$CR = \frac{\frac{\pi b^2 s}{4} + V_c}{V_c}$$

Keterangan:

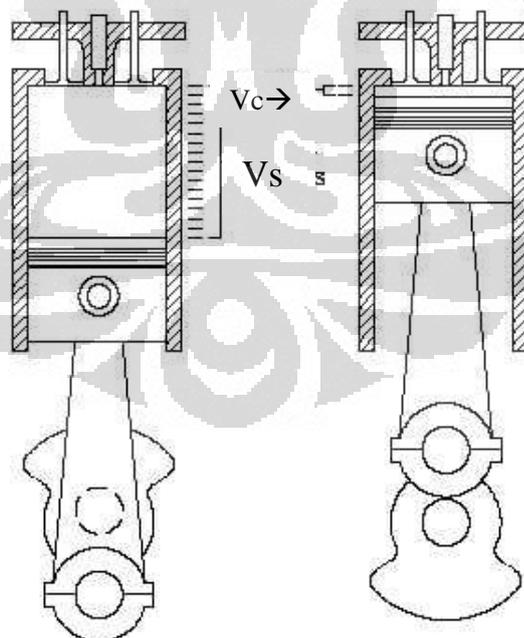
CR : rasio kompresi

b: bore

s: stroke

V_s: volume silinder

V_c: volume ruang bakar



Gambar 2.1 ratio kompresi

2.5. Tekanan kompresi

Tekanan kompresi adalah tekanan yang terjadi di ruang bakar di atas piston. Tekanan kompresi dibagi 2 definisi, yang pertama tekanan kompresi motorik dan yang kedua adalah tekanan kompresi pembakaran.

Tekanan kompresi motorik ini adalah tekanan yang sering diukur oleh mekanik dengan alat compression gauge dengan satuan kPa, psi atau bar. Tekanan motorik akhirnya lebih dikenal dengan tekanan kompresi. Tekanan ini menunjukkan tekanan kompresi di ruang bakar tanpa adanya penyalaan busi, untuk mendapatkan nilai tekanan kompresi motorik adalah dengan memasang compression gauge pada lubang busi kemudian handle gas dibuka penuh kemudian kita mengerakan kick starter hingga jarum bergerak naik dan memberikan sebuah nilai tertentu. Nilai tersebut adalah tekanan kompresi motorik.

Tekanan ruang bakar adalah tekanan yang dihitung saat mesin dijalankan atau terjadi proses pembakaran. Pengukuran ini tidak menggunakan alat compression gauge namun menggunakan sensor pressure yang diletakan pada silinder head.

2.6. Spesifik fuel consumption:

Spesifik fuel consumption adalah perbandingan antara debit bahan bakar dengan daya yang dihasilkan [2]. Dengan menggunakan perbandingan ini maka dapat dilihat ke efektifan dari penggunaan bahan bakar terhadap nilai daya yang dihasilkan dari ketiga jenis cam ini. Semakin nilai perbandingan ini kecil maka nilai efektifitasnya semakin baik. Pada pengujian ini data yang diambil adalah Brake Spesifik Fuel Consumption.

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{\dot{W}_b} \quad [\text{kg/kWh}] \quad (2.2)$$

Keterangan:

m_f : laju aliran bahan bakar (kg/h)

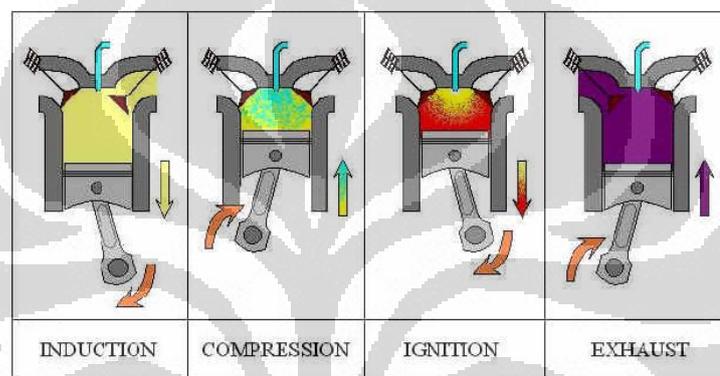
W_b : Daya output mesin (kWatt)

UNIVERISTAS INDONESIA

2.7. Siklus 4 langkah

Siklus 4 langkah atau juga lebih dikenal sebagai siklus 4 tak berarti dalam 1 siklus piston bergerak 2 kali putaran penuh. Artinya dalam 1 siklus diperlukan waktu putaran sebanyak 720° . Ciri khas dari siklus 4 tak adalah penggunaan *Camshaft* pada mesin tersebut dikarenakan adanya katup *intake* dan ekshaust. Jika pada mesin 2 tak tidak perlu menggunakan *Camshaft* karena tidak menggunakan sistem katup.

Pada siklus 4 tak ini terbagi menjadi 4 tahap proses yang dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 siklus mesin otto 4 langkah

- Langkah isap, yaitu waktu torak bergerak dari TMA ke TMB. Udara diisap melalui katup isap sedangkan katup buang tertutup.
- Langkah kompresi, yaitu ketika torak bergerak dari TMB ke TMA dengan memampatkan udara yang diisap, karena kedua katup isap dan katup buang tertutup, sehingga tekanan dan suhu udara dalam silinder tersebut akan naik.
- Langkah usaha, ketika katup isap dan katup buang masih tertutup, partikel bahan bakar yang disemprotkan oleh pengabut bercampur dengan udara bertekanan dan suhu tinggi, sehingga terjadilah pembakaran. Pada langkah ini torak mulai bergerak dari TMA ke TMB karena pembakaran berlangsung bertahap.

UNIVERISTAS INDONESIA

- d. Langkah buang, ketika torak bergerak terus dari TMA ke TMB dengan katup isap tertutup dan katup buang terbuka, sehingga gas bekas pembakaran terdorong keluar.

2.7. Efisiensi volumetrik

Efisiensi volumetrik adalah perbandingan antara campuran udara bahan bakar pada ruang bakar dengan bahan bakar yang bisa di tampung didalam silinder [2]

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_a V_d n_c N}$$

Keterangan:

\dot{m}_a : Laju massa udara yang masuk ke silinder (kg/s)

ρ_a : Kerapatan udara bahan bakar (kg/m³)

V_d : *Volume Displacement* piston (m³)

n_c : Jumlah silinder

N : Putaran poros mesin (rev/s)

2.8. Dynometer

Dynamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dan torsi pada sebuah mesin saat RPM tertentu. *Dynometer* terdiri dari 2 yaitu *engine dynamometer* dan *chassis dynamometer*. Pada *engine dynamometer*, digunakan untuk mengukur daya dan torsi langsung pada mesin itu sendiri. Artinya mesin dilepas dari rangka atau chassis sehingga yang didapat hanya daya dan torsi yang benar-benar berasal dari mesin itu sendiri. Sedangkan chassis dynamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dan torsi pada roda. Artinya saat di uji mesin masih terpasang pada rangka dan dilakukan pengukuran sama seperti saat digunakan sehari-hari. Untuk tingkat keakuratan lebih baik *chassis dynamometer* karena tenaga yang didapat diatur dalam kondisi normal. Pada percobaan ini menggunakan alat dynamometer yang digunakan adalah tipe *chassis dynamometer*.

2.8. Alat uji emisi

Alat uji emisi yang digunakan adalah tipe 488 plus dari *technotest*. Alat ini mampu menguji gas buang dari kendaraan bermotor dan mampu untuk mengecek kandungan partikel dari gas buang seperti nilai CO, CO₂, O₂, NO_x, HC. Alat ini juga dilengkapi dengan alat pengukur kecepatan putaran mesin sehingga kandungan partikel yang didapat pada alat ini menjadi lebih spesifik karena diukur berdasarkan kecepatan putaran mesin.



Gambar 2.3 Gas analyzer techno test 488 plus

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan penelitian

Pada pengujian ini yang dijadikan variable adalah kondisi sudut *Camshaft*. Posisi sudut *Camshaft* yang digunakan dimodifikasi sedemikian rupa untuk melihat pengaruhnya terhadap parameter yang akan diujikan. Sebelum melakukan pengujian dilakukan pengetesan awal untuk menentukan waktu buka dan tutup pada katub *intake* dan *exhaust*. Proses ini dinamakan dial tes. Pada dial tes, cam yang dijadikan acuan standart didapat data bahwa pada kondisi standart sebagai berikut:

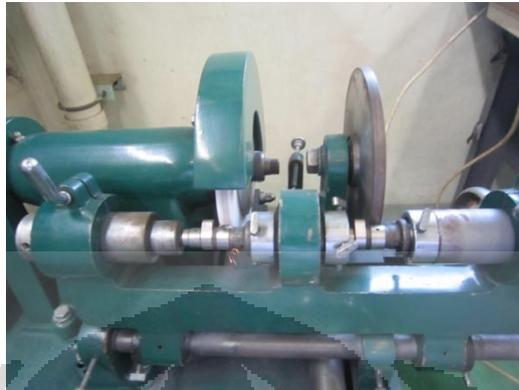
Cam kondisi standart	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	5 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>close</i>	16 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA

Keterangan:

- Max lift untuk katub *intake* = 5, 60 mm.
- Max lift untuk katub *exhaust* = 5, 50 mm.

Kemudian setelah didapat data cam acuan, dilakukan proses modifikasi sudut cam. Sudut cam yang dimodifikasi adalah sudut cam *intake*. Namun untuk cam profile tetap sama seperti cam yang dijadikan standart. Proses pembuatan cam hasil modifikasi dilakukan menambah bagian cam *intake* dengan cara di las kemudian dilakukan proses *grinding* dengan sudut cam berubah namun dengan bentuk yang tetap sama. Cara untuk membuat *profile* cam agar tetap sama mirip dengan proses pembuatan kunci yaitu dengan mencontoh kontur cam yang dijadikan acuan standart.

Berikut ini merupakan gambar proses pembuatan profile cam dengan cara mencotok cam standart.



Gambar 3.1 proses *grinding* cam

Untuk cam hasil modifikasi dibuat 2 tipe yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Kondisi 1

Cam kondisi 1	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	19 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>close</i>	30 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA

- Kondisi 2

Cam kondisi 2	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	32 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>close</i>	43 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA

. Kondisi standart dijadikan data pembanding untuk kondisi cam advance dan delay sehingga bisa dilihat dan dibandingkan pengaruh perubahan sudut cam ini. Pada percobaan karena bentuk cam profile dibuat sama persis dengan bentuk cam yang dijadikan standart sehingga max lift pada katup *intake* dan *exhaust* tetap sama.

3.2. Prosedur pengambilan data

Sebagai prosedur melakukan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pada saat awal pengujian mesin di test dengan *Camshaft* pada kondisi standart.
2. Data yang diambil adalah data mengenai performa mesin dan kemudian konsumsi bahan bakar.
3. Setelah pengujian pertama selesai kemudian *Camshaft* dirubah menjadi kondisi 1 lalu dilakukan pengujian kembali sama seperti percobaan pertama.
4. Pengambilan data uji mengenai pefroma mesin, emisi gas buang, dan kemudian konsumsi bahan bakar.
5. Setelah pengujian cam dengan kondisi 1 kemudian dilanjutkan dengan kondisi 2.
6. Pengambilan data uji mengenai pefroma mesin, emisi gas buang, dan kemudian konsumsi bahan bakar.

3.3. Alat uji yang digunakan

Pada percobaan ini alat uji yang digunakan adalah:

1. Sepeda motor 100 cc 4 tak

Sepeda motor yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Panjang X lebar X tinggi	:	1.907x702x1.069 mm
Jarak sumbu roda	:	1.234 mm
Jarak terendah ke tanah	:	147 mm
Berat kosong	:	99.4 kg
Tipe rangka	:	Tulang punggung
Tipe suspensi depan	:	Teleskopik
Tipe suspensi belakang	:	Lengan ayun dan peredam kejut ganda
Ukuran ban depan	:	70/90 - 17M/C 38P
Ukuran ban belakang	:	80/90 - 17M/C 44P
Rem depan	:	Cakram Hidrolik, Piston ganda
Rem belakang	:	Tromol
Kapasitas tangki bahan bakar	:	3,7 liter

Tipe mesin	:	4 langkah, SOHC, pendinginan udara
Diameter x langkah	:	50 x 49,5 mm
Volume langkah	:	97,1 cc
Perbandingan kompresi	:	9,0 : 1
Kopling Otomatis	:	Ganda, otomatis sentrifugal, tipe basah
Gigi transmisi	:	4 kecepatan, bertautan tetap
Pola pengoperan gigi	:	N-1-2-3-4-N (rotari)
Starter	:	Pedal dan elektrik
Aki	:	12 V; 3,5 Ah
Busi	:	ND U20FS, U22FS-U ; NGK C6HSA, C7HSA
Sistem pengapian	:	AC-CDI, Magneto

2. *Dynometer*

Spesifikasi *dynometer* adalah sebagai berikut:

Dynometer yang digunakan dengan merek ono-sokki dengan jenis *chassis dynometer*. Pada alat ini dapat melakukan pengambilan data yang berkaitan tentang daya motor dan konsumsi bahan bakar. Berikut ini adalah gambar proses pengetesan:



Gambar 3.2 proses pengetesan chassis dyno

3. Alat ukur konsumsi bahan bakar:

Alat ukur konsumsi bahan bakar menggunakan merek ono-sokki. Alat *fuel flow* meter ini dapat mengukur konsumsi bahan bakar yang digunakan pada tingkat kecepatan tertentu. Alat ini menghubungkan antara selang bahan bakar dari tangki bahan bakar dengan karburator. Sehingga sebelum bahan bakar masuk kedalam karburator alat ini mampu mengukur kecepatan aliran sehingga bisa di ukur konsumsi bahan bakar yang digunakan. Berikut ini adalah alat ukur konsumsi bahan bakar.



Gambar 3.3 alat ukur konsumsi bahan bakar.

4. Gas analyzer

Alat uji emisi yang digunakan adalah tipe 488 plus dari *technotest*. Spesifikasi gas analyzer yang digunakan adalah:

<i>Mains power supply</i>	110/220/240 V ($\pm 15\%$) 50÷60 Hz ($\pm 3\%$)
<i>Measuring range</i>	CO 0÷99,9% Vol (res. 0.01) CO ₂ 0÷19,9% Vol (res. 0.1) HC 0÷9999 ppm Vol (res.1) O ₂ 0÷4% Vol. (res.0.01) O ₂ 4÷25,0% Vol (res. 0.1) Nox 0÷2000 ppm Vol (res.5) Lambda 0,5÷2,000(res. 0,001)
<i>Induction rpm counter</i>	0÷9990 rpm (res. 10)
<i>Electronic Lambda test</i>	YES
<i>Operating temperature (°C)</i>	5÷40
<i>Measuring gas induction</i>	8 l/min (approx)
<i>Response time</i>	<10sec (probe length 3mt)
<i>Zero setting</i>	Electronic and automatic
<i>Condensate drain</i>	Continuous and automatic
<i>Warm up time</i>	Max 15 min
<i>Serial output</i>	RS232
<i>Dimension</i>	400x180x420 mm
<i>Weight</i>	13.5kg

5. *Dial test*

Dial test adalah alat ukur dengan tingkat ketelitian yang presisi untuk mengetahui perubahan dimensi yang sangat kecil. Dial test ini dilakukan pada komponen katub *intake* dan *exhaust*. Test ini dilakukan untuk menentukan sudut *intake* dan *exhaust* terbuka dan tertutup



Gambar 3.5 alat uji *dial test*

3.3. Prosedur penggunaan alat uji.

3.3.1. Prosedur pengujian dial test:

1. Pasang *degree disc* pada *crank shaft*
2. Buka *cover crankcase* R dan L
3. Tempatkan jarum *dial* pada bagian atas katub *intake* dan *exhaust*.
4. Lakukan kalibrasi pada *dial indicator*.
5. Putar *degree disc* kearah yang sesuai dengan kerja motor.
6. Catat perubahan pada dial cam berdasarkan *degree disc*

3.3.2. Prosedur penggunaan *dynotest* dan *fuel flow meter*

Pada pengujian performa mesin ini menggunakan alat *dynometer* untuk bisa melihat performa mesin pada berbagai tingkat kecepatan. Pada pengujian ini juga didapat data konsumsi bahan bakar berdasarkan tingkat kecepatan tersebut. Tahapan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menaikan sepeda motor ke atas alat uji
2. Mengunci roda depan pada alat uji dan roda belakang tepat berada diatas roller
3. Memasangkan lengan robot pada *throttle* dan kemudian mengecek tekanan ban belakang
4. Beban pengendara di setting seberat 55 Kg
5. Kondisi transmisi motor yang digunakan saat dilakukan pengujian adalah gear 4th.
6. Melepaskan selang bahan bakar dari tangki bahan bakar
7. Masukkan selang bahan bakar kedalam *fuel flow meter*
8. Hubungkan selang dari *fuel flow meter* ke karburator.
9. Sepeda motor siap untuk dilakukan pengujian.

3.4. Prosedur penggunaan *gas analyzer*

Tahapan penggunaan alat uji *gas analyzer* tipe *techno test 488 plus* adalah sebagai berikut:

1. Menekan tombol on pada bagian belakang alat uji yang kemudian akan muncul angka 01 pada layar RPM
2. Tunggu beberapa saat untuk alat uji melakukan *warming up* sebelum pengujian.
3. Setelah mesin telah selesai melakukan *warming up* dan *zero setting*, semua layar pada alat uji akan menyala. Jika semua layar telah menyala maka inilah tanda alat uji siap digunakan
4. Masukkan probe *gas analyzer* pada lubang exhaust motor
5. Pasang clamp pada selang busi untuk mengetahui RPM pada mesin
6. Baca hasil pengukuran yang tertera pada layar.

3.4. Prosedur pengambilan data

3.4.1. Prosedur pengambilan data *dynotest* dan *fuel flow* meter

Pada proses pengambilan data untuk *dynotest* dan *fuel flow* meter motor dijalankan seperti biasa kemudian dinaikan tingkat kecepatannya. Setelah tingkat kecepatan yang diinginkan tercapai kemudian kecepatan motor tetap dipertahankan hingga stabil. Setelah tingkat kecepatan dan putaran motor telah stabil lalu dilakukan proses pengambilan data selama 10 detik untuk setiap tingkat kecepatan. Data yang tampil adalah data rata-rata untuk setiap tingkat kecepatan tersebut. Data yang tercatat adalah data power dan konsumsi bahan bakar.

3.4.2. Prosedur pengambilan data gas analyzer

Pada proses pengambilan data untuk emisi gas buang adalah setelah probe untuk gas analyzer dimasukkan kedalam kemudia pada layar alat uji akan muncul nilai dari setiap data yang akan diambil. Kemudia gas mulai dibuka agar tercapai kondisi RPM yang diinginkan. Setelah nilai RPM tercapai dan stabil kemudian dilakukan proses pengambilan data.

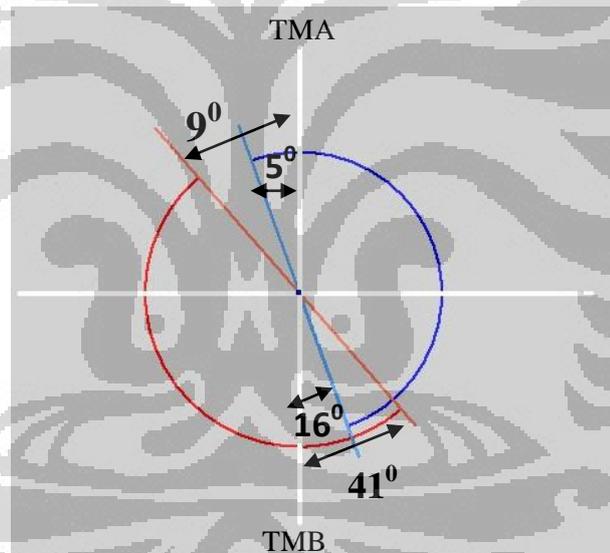
BAB 4

HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

4.1. Data peforma mesin dengan cam sudut standart

Pada data berikut ini merupakan hasil pengujian performa sepeda motor dengan kondisi *Camshaft* standart. Berikut ini adalah kondisi *Camshaft* standart:

Cam kondisi standart	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	5 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>Close</i>	16 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA



Gambar 4.1 *valve timing diagram* cam standart

- Warna biru untuk katup *intake* —
- Warna merah untuk katub *exhaust* —

Seperti yang kita lihat pada gambar 4.1 dimana pada kondisi standart tidak ada fase overlap dalam satu siklus putaran *Camshaft*. Jika kita perhatikan antara keadaan terbuka dan tertutup pada kedua katub ini maka kita bisa lihat bahwa katup exhaust tertutup terlebih dahulu 4° sebelum katup *intake* terbuka sehingga tidak ada kondisi dimana kedua katub terbuka atau kondisi *overlap*. Hasil dari pengujian performa mesin dengan kondisi cam standart adalah tersaji pada table berikut:

Table 4.1 hasil pengujian performa mesin dengan cam standart.

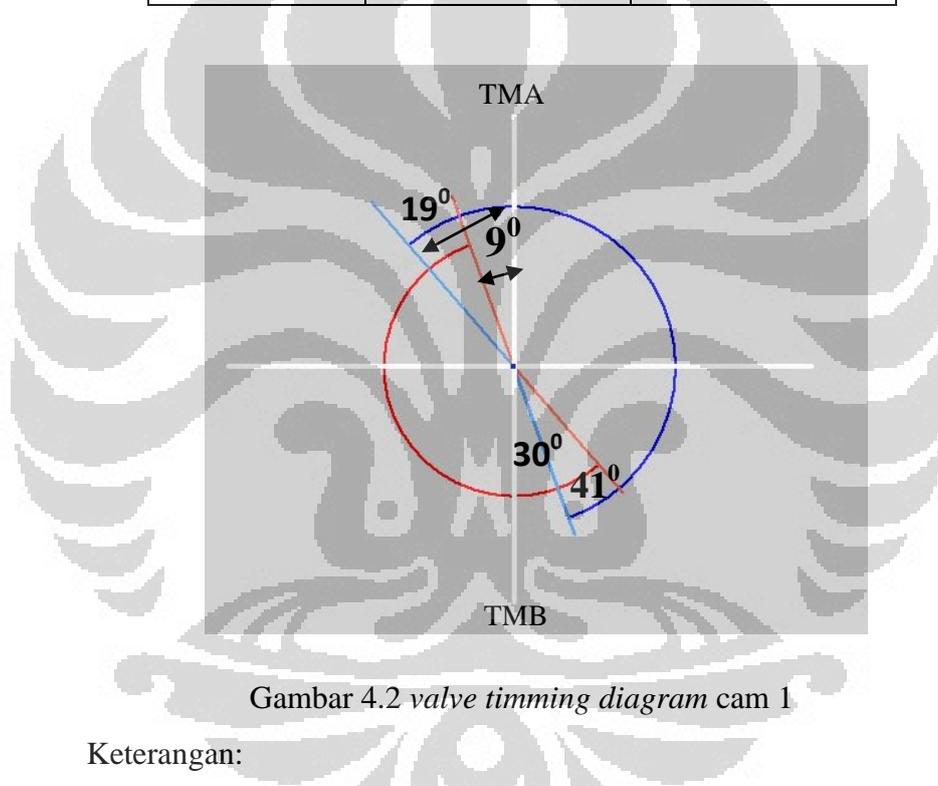
<i>Speed</i> [Km / h]	STD	
	<i>Eng.Revo</i>	<i>K.Power</i>
	[r / min]	[Kw]
30	3124	1,79
40	3918	2,38
50	4896	2,96
60	5872	3,59
70	6844	3,95
75	7327	3,93
80	7809	3,88
85	8288	3,7
90	8767	3,55

Seperti yang dapat kita lihat pada table di atas daya motor paling maksimal adalah saat kecepatan 70 Km/jam saat RPM sekitar 6800an. Daya yang dihasilkan sekitar 3,95 Kw

4.2. Data performa mesin dengan sudut kondisi 1

Data berikut ini merupakan data pengujian daya sepeda motor dengan menggunakan *Camshaft* yang telah dimodifikasi dengan kondisi 1. Data cam untuk kondisi 1 adalah sebagai berikut:

Cam kondisi 1	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	19 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>Close</i>	30 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA



Gambar 4.2 *valve timing diagram* cam 1

Keterangan:

- Warna biru untuk katup *intake* —
- Warna merah untuk katub *exhaust* —

Pada cam dengan kondisi 1 ini terlihat bahwa terdapat kondisi dimana katup *exhaust* dan *intake* terbuka bersamaan atau juga dikenal kondisi *Overlapping*. Pada cam kondisi satu ini besar overlap yang terjadi sekitar 10⁰. Waktu terjadinya overlap juga di tunjukan oleh diagram diatas pada gambar 4.2.

Berikut ini adalah table hasil percobaan pengukuran daya motor dengan menggunakan *camshaft* kondisi 1:

Table 4.2 hasil pengujian performa mesin dengan cam kondisi 1.

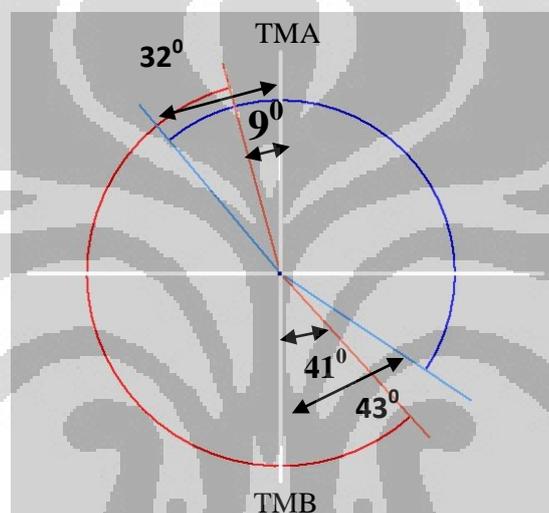
<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 1	
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>K.Power</i> [kw]
30	3143	1,84
40	3917	2,31
50	4892	2,72
60	5870	3,44
70	6844	3,96
75	7327	3,95
80	7809	3,89
85	8288	3,76
90	8766	3,56

Seperti yang dapat kita lihat pada table di atas daya motor paling maksimal adalah saat kecepatan 70 Km/jam saat RPM sekitar 6800an. Daya yang dihasilkan sekitar 3,96 Kw.

4.3. Data performa mesin dengan sudut kondisi 2

Data berikut ini merupakan data pengujian daya sepeda motor dengan menggunakan *Camshaft* yang telah dimodifikasi dengan kondisi 2. Data cam untuk kondisi 2 adalah sebagai berikut:

Cam kondisi 2	<i>intake</i>	<i>exhaust</i>
<i>Open</i>	32 ⁰ sebelum TMA	41 ⁰ sebelum TMB
<i>Close</i>	43 ⁰ sebelum TMB	9 ⁰ sebelum TMA



Gambar 4.3 valve timing diagram cam 2

Keterangan:

- Warna biru untuk katup *intake* █
- Warna merah untuk katup *exhaust* █

Pada cam dengan kondisi 2 terlihat bahwa waktu overlap menjadi lebih lama dibandingkan dengan kondisi 1. Pada cam kondisi 2 waktu overlap yang terjadi sekitar 23⁰. Berbeda dengan *Camshaft* kondisi 1 yang hanya 10⁰. Untuk melihat waktu *Overlapping* yang lebih jelas terlihat pada gambar 4.3.

Berikut ini adalah table hasil percobaan dengan menggunakan *Camshaft* kondisi 2 untuk mendapatkan daya motor.

Table 4.3 hasil pengujian performa mesin dengan cam kondisi 2.

<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 2	
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>K.Power</i> [kw]
	30	3104
40	3910	1,83
50	4886	2,27
60	5865	3,11
70	6837	3,44
75	7318	3,24
80	7798	3,07
85	8277	2,8

Pada hasil pengujian daya motor dengan menggunakan *Camshaft* kondisi 2 maka terlihat penurunan daya yang dihasilkan. Daya maksimum yang dihasilkan dari *Camshaft* kondisi 2 ini terjadi saat kecepatan 70 Km/jam saat RPM sekitar 6800an dengan daya yang dihasilkan 3,44 Kw.

4.4. Data emisi gas buang dengan cam sudut standart

Untuk pengujian gas buang atau emisi yang dihasilkan, diambil 5 tipe data yaitu kandungan CO, CO₂, HC, O₂, dan NOx. Berikut ini adalah data percobaan emisi gas buang dengan menggunakan cam standart:

Table 4.4 data pengujian gas buang dengan kondisi standart

RPM [1/min]	STD				
	CO	CO ₂	HC	O ₂	Nox
	[% vol]	[% vol]	[ppm vol]	[% vol]	[ppm vol]
3120	0,29	6,5	564	17,5	29
3910	0,16	7,7	196	18,4	39
4970	0,62	8,5	138	15,9	43
5870	0,69	3,9	131	20,6	29
6830	1,36	2,9	79	2,96	19
7320	0,88	3	71	2,54	14
7790	1,28	3,3	130	15,6	18
8210	1,55	3,8	149	16,3	19
8780	1,94	3,6	148	18,6	19

Pada percobaan ini dilakukan pengambilan data berdasarkan tingkat kecepatan putaran mengikuti nilai putaran yang didapat dari percobaan *chassis dyno*. Pada percobaan ini nilai RPM tidak 100% sama persis dengan yang didapat pada pengujian *chassis dyno* namun mendekati nilai tersebut.

4.5. Data emisi gas buang mesin dengan sudut kondisi 1

Berikut ini adalah data percobaan gas buang saat menggunakan *Camshaft* kondisi 1:

Table 4.5 data pengujian gas buang dengan kondisi 1.

RPM [1/min]	CAM 1				
	CO	CO ₂	HC	O ₂	Nox
	[% vol]	[% vol]	[ppm]	[% vol]	[ppm]
3160	0,06	2,8	150	20	14
3910	0,05	3,1	70	19,5	14
4890	0,48	3,1	83	20,5	14
5920	1,08	3	104	19,6	19
6840	1,33	2,5	131	17,2	14
7330	1,32	2,8	121	16,4	14
7780	1,86	3	143	16,5	19
8250	3,35	8,1	204	17,1	63
8760	2,18	3,5	153	15,8	24

Sama seperti percobaan sebelumnya, proses pengambilan data berdasarkan tingkat kecepatan putaran mengikuti nilai putaran yang didapat dari percobaan *chassis dyno*. Namun nilai tersebut tidak sama persis melainkan mendekati nilai tersebut.

4.6. Data emisi gas buang dengan sudut kondisi 2

Berikut ini adalah data percobaan gas buang mesin saat menggunakan *Camshaft* kondisi 2:

Table 4.6 data pengujian gas buang dengan kondisi 2

RPM [1/min]	CAM 2				
	CO	CO ₂	HC	O ₂	Nox
	[% vol]	[% vol]	[ppm]	[% vol]	[ppm]
3090	0,15	5,5	539	1,49	39
3910	0,11	6,6	101	0,69	34
4870	0,26	7,9	83	0,8	48
5830	1,64	7,3	98	0,61	43
6840	1,66	7,6	67	0,84	39
7260	2,34	7,3	67	0,99	39
7690	3,55	0,68	107	1,58	48
8370	1,81	0,4	72	1,43	29

4.7. Data konsumsi bahan bakar dengan cam sudut standart

Pada pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan bersamaan dengan proses pengambilan data daya motor. Hanya saja menggunakan alat terpisah untuk mengukur laju aliran bahan bakar. Namun untuk parameter lainnya menggunakan parameter saat kondisi *dynotest*.

Berikut ini adalah data konsumsi bahan bakar saat kondisi standart:

Table 4.7 data pengujian konsumsi bahan bakar

<i>Speed</i> [Km / h]	STD	
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>Fuel</i> <i>Capa</i> [l / h]
	30	3124
40	3918	1,6
50	4896	1,9
60	5872	2,3
70	6844	2,6
75	7327	2,7
80	7809	2,8
85	8288	2,8
90	8767	2,8

Pada percobaan ini data diambil berdasarkan tingkat kecepatan dan putaran mesin. Data yang diambil dalam satuan liter / jam.

4.8. Data konsumsi bahan bakar dengan sudut kondisi 1

Berikut ini adalah data konsumsi bahan bakar saat kondisi 1:

Table 4.8 data pengujian konsumsi bahan bakar

<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 1	
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>Fuel</i> <i>Capa</i> [l / h]
	30	3143
40	3917	1,5
50	4892	1,9
60	5870	2,3
70	6844	2,5

75	7327	2,7
80	7809	2,7
85	8288	2,7
90	8766	2,7

4.9. Data konsumsi bahan bakar dengan sudut kondisi 2

Berikut ini adalah data konsumsi bahan bakar saat kondisi 2:

Table 4.9 data pengujian konsumsi bahan bakar

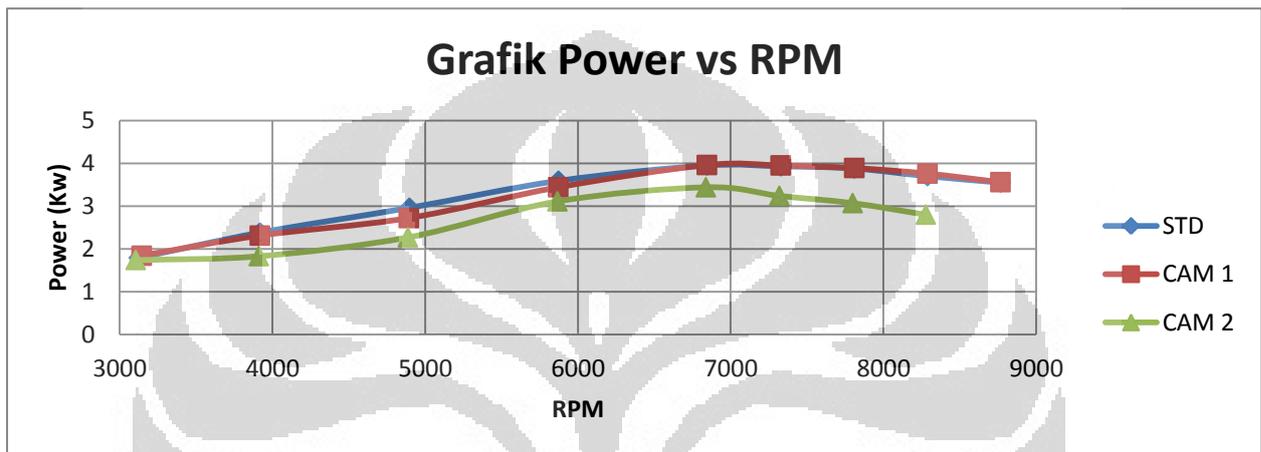
<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 2	
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>Fuel</i> <i>Capa</i> [l / h]
	30	3104
40	3910	1,5
50	4886	1,9
60	5865	2,2
70	6837	2,4
75	7318	2,4
80	7798	2,5
85	8277	2,6

4.10. Analisa pengaruh perubahan *Camshaft*

Pada analisa data untuk percobaan ini terbagi 3 analisa yaitu analisa untuk daya, analisa untuk bahan bakar dan kemudian analisa untuk emisi gas buang

3.5. Analisa daya yang dihasilkan

Pada grafik dibawah ini merupakan perbandingan antara ketiga sudut cam yang diuji antara putaran mesindengan power yang dihasilkan.



Grafik 4.1 Grafik power dengan RPM

Seperti yang terlihat pada grafik diatas, pada cam kondisi standart terlihat bahwa daya bergerak naik hingga mencapai maksimal saat kondisi putaran mencapai 6800an dan daya yang dihasilkan sekitar 3,95 Kw.

Pada cam kondisi 1 bentuk grafik tidak berbeda jauh dengan bentuk cam standart. Daya maksimal yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh cam standart yaitu sekitar 3,96 Kw. Sejak mulai dari RPM rendah daya terus bergerak naik untuk cam standart dan cam 1, namun untuk daya yang dihasilkan cam standart pada saat putaran rendah lebih baik dibandingkan dengan daya cam 1 sedangkan untuk RPM tinggi, daya yang dihasilkan cam 1 lebih baik dibandingkan dengan cam standart meskipun pada grafik terlihat bergerak turun.

Pada grafik cam 2 terlihat bahwa daya yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh cam

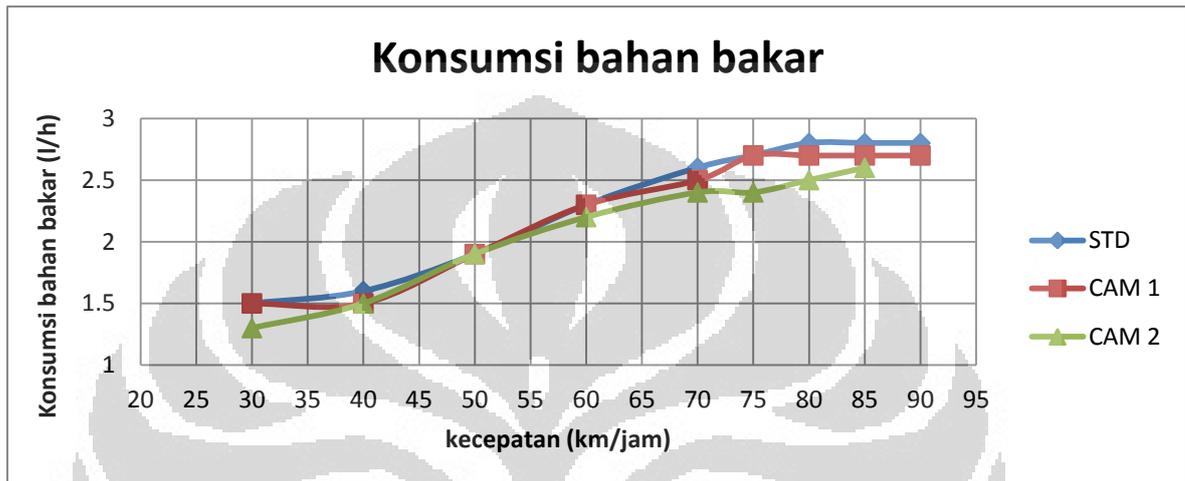
standart dan cam kondisi 1. Dari grafik cam 2 terlihat bahwa daya yang dihasilkan terus bertambah namun tidak sebesar dengan cam standart atau cam kondisi 1. Daya maksimal yang dihasilkan oleh cam kondisi 2 adalah sekitar 3,44 Kw.

Berdasarkan hasil analisa pengaruh perubahan sudut *intake* pada *Camshaft* sepeda motor, terlihat pengaruh *Overlapping* pada daya motor dan konsumsi bahan bakar. Pada cam kondisi standart tidak ada waktu untuk *Overlapping* sehingga daya yang dihasilkan efektif saat putaran rendah, pada percobaan ini cocok efektif digunakan saat kecepatan dibawah 6800 putaran. Hal ini disebabkan karena pada putaran dibawah itu keadaan *Overlapping* belum dibutuhkan. Kondisi *Overlapping* lebih cocok untuk kecepatan putaran tinggi karena pada saat putaran tinggi aliran gas buang dan aliran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar menjadi terganggu karena putaran mesin terlalu cepat sehingga saat gas sisa belum keluar seluruhnya namun katub exhaust sudah tertutup.

Akibatnya zat yang berada didalam ruang bakar tidak sepenuhnya bahan bakar melainkan terdapat sisa gas buang. Oleh karena itu dengan membuat kondisi overlap maka saat katub *intake* terbuka, bahan bakar yang baru akan membantu mendorong gas buang untuk keluar sehingga mempercepat waktu buang pada siklus 4 langkah tersebut. Itu sebabnya mengapa untuk kondisi putaran tinggi lebih efektif tenaga yang dihasilkan oleh cam kondisi 1. Kondisi *overpping* tidak selalu efektif. Terdapat suatu batasan efektif penggunaan overlap tersebut. Hal ini terbukti dengan data dari cam kondisi 2 dimana tenaga yang dihasilkamn tidak sebesar dengan cam kondisi 1, padahal sudut overlap pada cam kondisi 2 lebih besar dibandingkan cam kondisi 1. Artinya kondisi efektif sudut *Overlapping* telah terlewati.

3.6. Analisa konsumsi bahan bakar yang digunakan

Walaupun daya yang dihasilkan rendah, cam kondisi 2 memiliki keunggulan yaitu pada konsumsi bahan bakar. Seperti yang kita bisa lihat dibawah ini konsumsi bahan bakar untuk ketiga kondisi cam



Grafik 4.2 grafik konsumsi bahan bakar terhadap kecepatan

Pada grafik tersebut terlihat bahwa konsumsi bahan bakar terus meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan. Grafik konsumsi bahan bakar untuk kondisi standart disimbolkan dengan warna biru. Pada grafik ini terlihat bahwa grafik berwarna biru berada di paling atas. Artinya konsumsi bahan bakar untuk cam standart paling besar. Sedangkan untuk cam dengan kondisi 1, konsumsi bahan bakar berada dibawah konsumsi cam standart. Untuk konsumsi bahan bakar yang paling hemat adalah kondisi cam 2.

Selain mempengaruhi daya yang dihasilkan, kondisi *overlap* juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Hal ini disebabkan karena dengan kondisi *Overlapping* ruang bakar akan berisi bahan bakar yang lebih murni tanpa ada sisa gas hasil pembakaran sebelumnya. sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi lebih besar. Jika kita lihat pada grafik 4.2, pada putaran rendah

maka konsumsi bahan bakar hampir relatif sama antara cam kondisi standart dengan cam kondisi 1 sedangkan pada kondisi putaran tinggi maka konsumsi bahan bakar lebih cam kondisi 1 lebih efisien di bandingkan dengan cam kondisi standart. Hal ini sesuai dengan teori *Overlapping* dimana *Overlapping* baru efektif pada putaran tinggi. Pada cam kondisi 2 konsumsi bahan bakar paling rendah. Hal ini disebabkan karena daya yang dihasilkan tidak sebesar daya pada cam kondisi standart dan kondisi 1.

Pada pengujian ini saya juga mencari perbandingan antara putaran mesin dengan putaran roda untuk mencari apakah terjadi slip saat pengujian. Hal ini perlu dibuktikan agar data hasil konsumsi bahan bakar bisa lebih valid karena jika terjadi slip maka akan data bahan bakar menjadi kurang akurat karena jika terjadi slip maka daya hasil uji tidak terambil namun bahan bakar tetap terpakai. Berikut ini adalah data perbandingan antara putaran mesin dengan putaran roda.

Table 4.10 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi standart

<i>Speed</i> [Km / h]	STD		
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>wheel rpm</i>	<i>Ratio</i>
30	3124	1083.236	2.884
40	3918	1444.314	2.713
50	4896	1805.393	2.712
60	5872	2166.472	2.710
70	6844	2527.55	2.708
75	7327	2708.09	2.706
80	7809	2888.629	2.703
85	8288	3069.168	2.700
90	8767	3249.708	2.698

Table 4.11 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi 1

<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 1		
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>wheel rpm</i>	<i>Ratio</i>
30	3143	1083.24	2.901
40	3917	1444.31	2.712
50	4892	1805.39	2.710
60	5870	2166.47	2.709
70	6844	2527.55	2.708
75	7327	2708.09	2.706
80	7809	2888.63	2.703
85	8288	3069.17	2.700
90	8766	3249.71	2.697

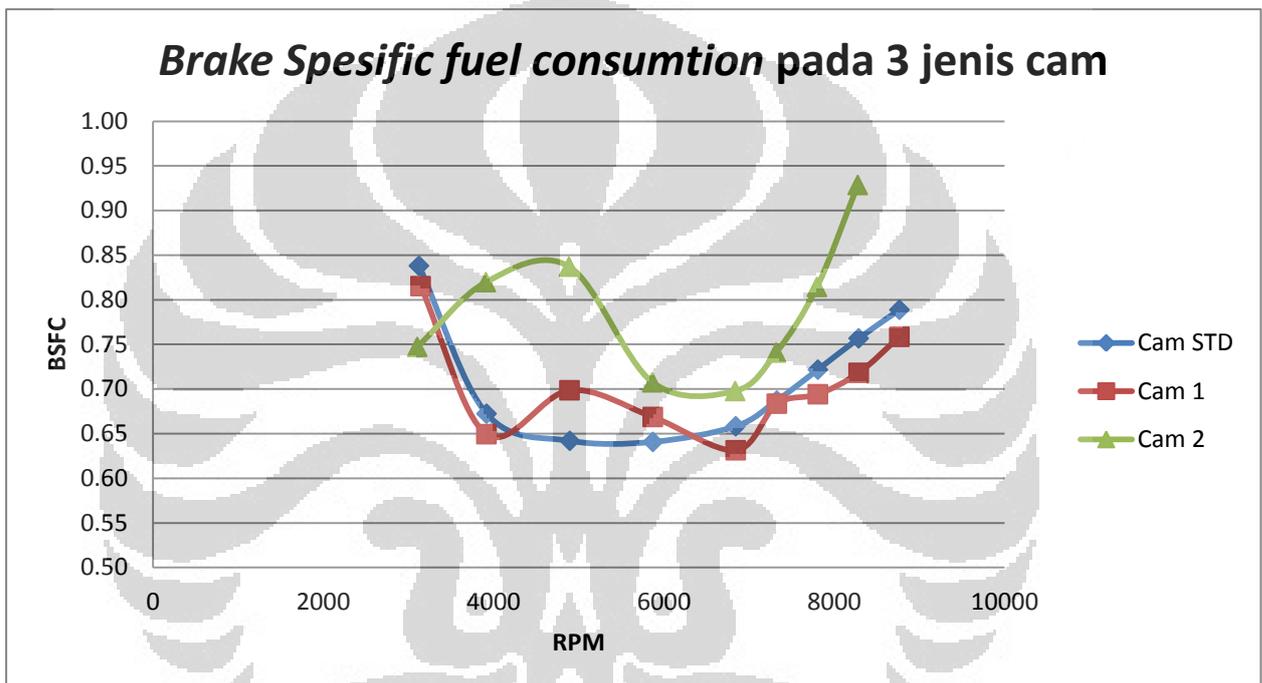
Table 4.11 perbandingan putaran mesin dengan roda untuk cam kondisi 1

<i>Speed</i> [Km / h]	CAM 2		
	<i>Eng.Revo</i> [r / min]	<i>wheel rpm</i>	<i>Ratio</i>
30	3104	1083.236	2.865
40	3910	1444.314	2.707
50	4886	1805.393	2.706
60	5865	2166.472	2.707
70	6837	2527.55	2.705
75	7318	2708.09	2.702
80	7798	2888.629	2.700
85	8277	3069.168	2.697

Seperti yang kita lihat pada table-table diatas, perbandingan antara putaran mesin dan roda cenderung konstan. Kalaupun ada perbedaan, hal itu dapat diabaikan karena sangat kecil.

3.7. Analisa Brake specific fuel consumption

Pada pengujian ini juga dilakukan perhitungan tentang brake specific fuel consumption. Tujuannya adalah agar kita bisa melihat seberapa efektif penggunaan bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan sehingga bisa terlihat waktu pemasukan bahan bakar yang lebih efektif. Semakin kecil nilai BSFC maka semakin baik tingkat keefektifan penggunaan bahan bakar.

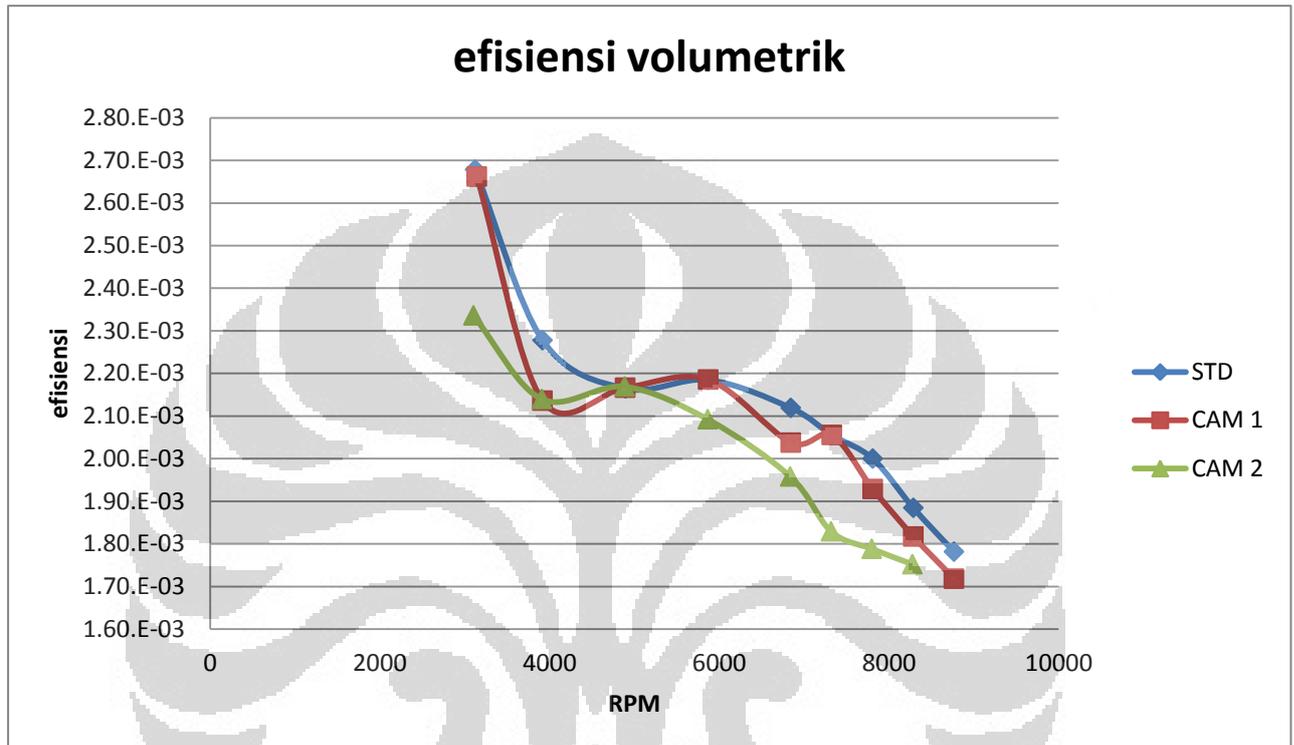


Grafik 4.3 nilai *Brake specific fuel consumption*

Pada grafik 4.3 terlihat bahwa grafik cam standart dan cam kondisi 1 memiliki nilai yang rendah di dibandingkan dengan cam kondisi 2. Artinya cam kondisi standart dan kondis 1 lebih baik dibandingkan dengan cam kondisi 2. Hal ini disebabkan karena untuk setial liter bahan bakar yang digunakan, cam kondisi standart dan kondisi 1 menghasilkan tenaga yang lebih besar.

3.8. Analisa Efisiensi volumetrik

Pada efisiensi volumetrik , mengukur perbandingan antara laju aliran udara bahan bakar actual terhadap kemampuan maksimal yang dapat ditampung di silinder. Hasil perhitungan ini berdasarkan hitungan per-siklus sehingga nilai yang dihasilkan kecil.

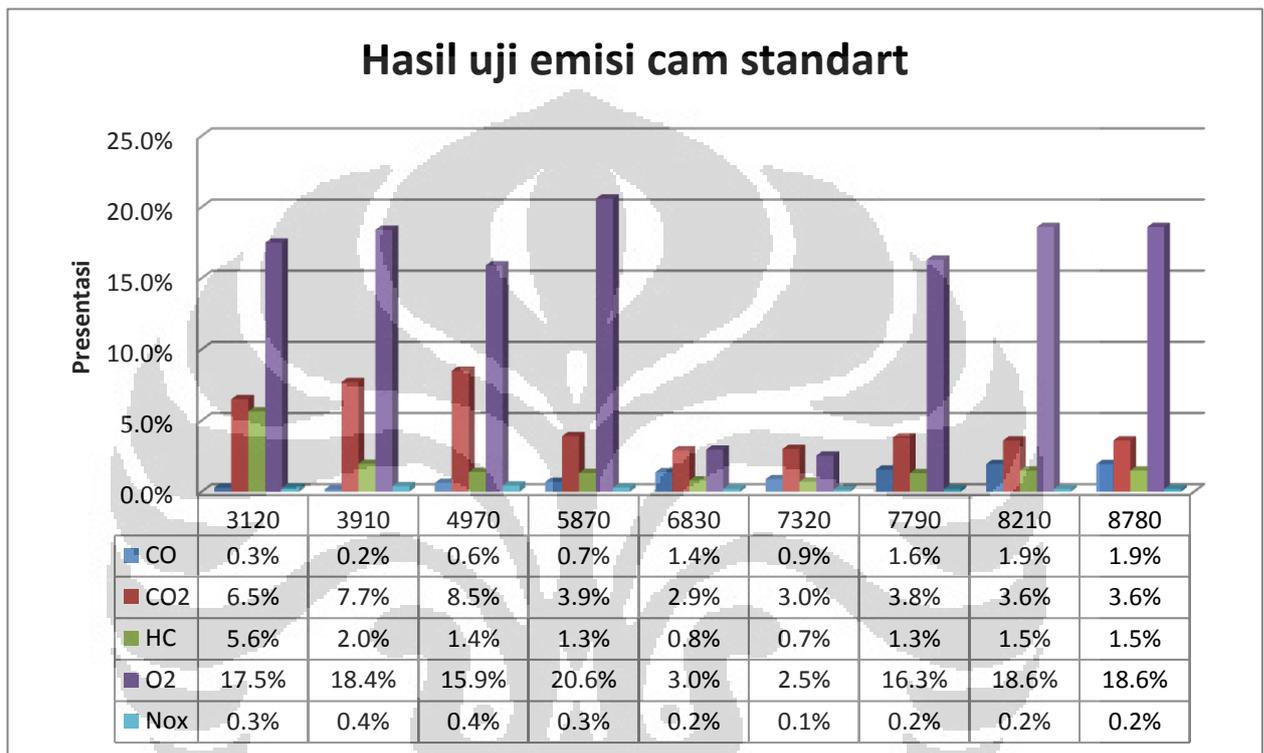


Grafik 4.4 nilai efisiensi volumetrik

Pada grafik 4.4 terlihat bahwa tingkat efisiensi yang paling rendah adalah pada cam kondisi 2. Sedangkan pada cam kondisi standart dan kondisi 1 tidak begitu berbeda jauh dan terlihat berhimpit. Pada grafik ini terlihat keunggulan cam kondisi standart dan kondisi 1 dimana kedua kondisi ini bisa dikatakan hampir sama namun berbeda dengan cam kondisi 2 dimana tingkat efisiensinya paling rendah jika di bandingkan dengan 2 kondisi lainnya.

3.9. Analisa hasil uji emisi

Pada pengujian emisi gas buang untuk percobaan ini dilakukan secara bertahap berdasarkan kecepatan putaran mesin. Acuan tingkat kecepatan yang digunakan berdasarkan tingkat kecepatan putaran dari pengujian dynotest. Dengan menggunakan metode ini diharapkan kita bisa melihat emisi gas buang saat kondisi daya dan konsumsi bahan bakar.



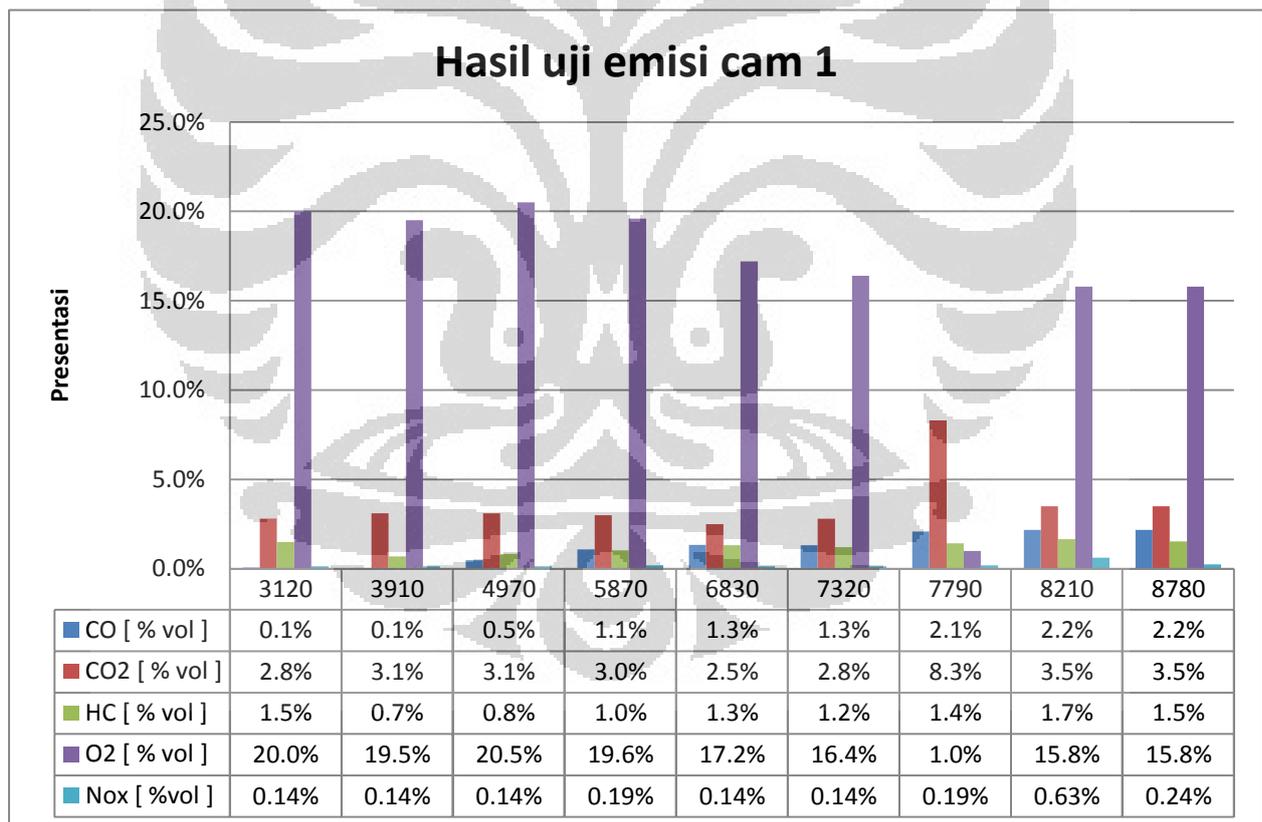
Grafik 4.5 hasil uji emisi untuk cam standart

Pada grafik 4.5 terlihat komposisi kandungan emisi gas buang pada berbagai tingkat kecepatan pada kondisi cam standart. Seperti yang kita dapat lihat komposisi yang dominan pada hasil emisi ini adalah kandungan O₂. Kandungan O₂ yang tinggi pada hasil uji emisi menandakan bahwa saat terjadi pembakaran, komposisi campuran udara bahan bakar tidak seimbang sehingga membuat campuran dalam stokiometri berada dalam kondisi *fuel lean* atau kondisi kekurangan bahan bakar sehingga kondisi udara berlebih. Hal inilah yang menyebabkan kandungan O₂ yang tidak terbakar menjadi terbuang pada *exhaust pipe*.

Namun jika kita perhatikan pada putaran sekitar 6800 an hingga 7300an nilai kandungan emisi gas buang menjadi turun dan stabil. Hal ini menandakan bahwa pada putaran tersebut campuran bahan bakar mendekati stokiometri sehingga hasil pembakaran menjadi lebih baik. Walaupun setelah putaran ini terlampaui maka hasil uji emisi gas buang kembali memberikan hasil yang sama seperti saat kecepatan awal.

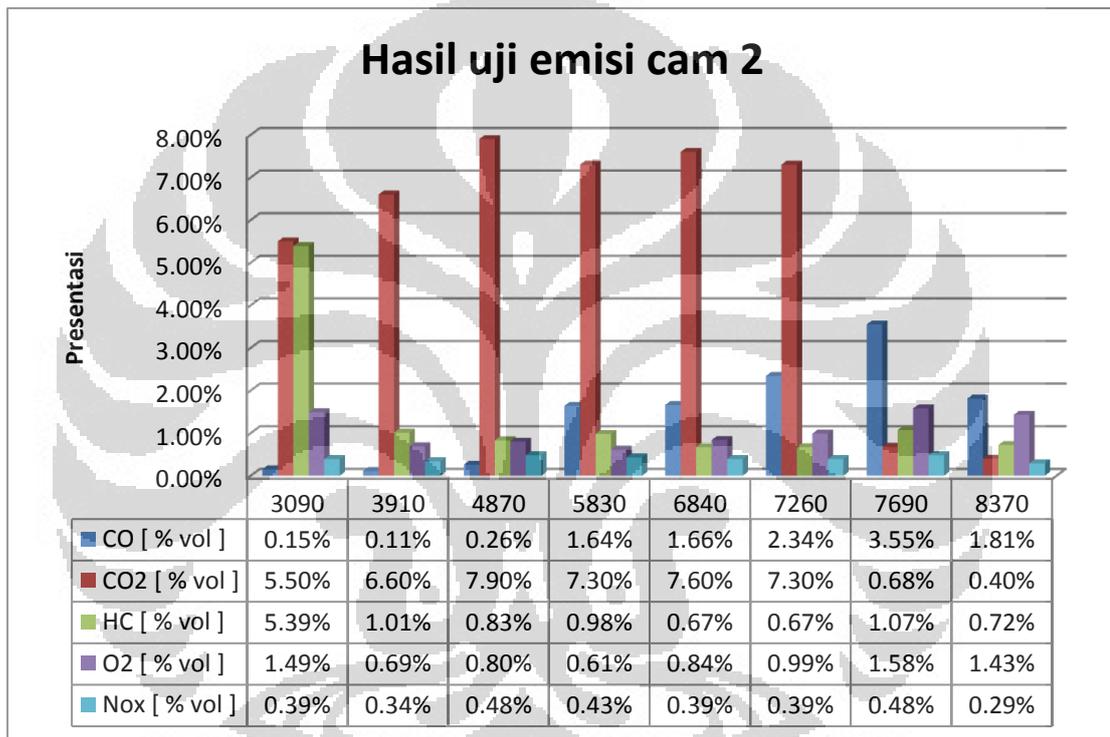
Jika kita perhatikan lebih dalam lagi saat hasil uji emisi membaik yaitu saat putaran mesin berada pada kecepatan 6800 an sampai 7300an, maka pada saat bersamaan hasil tenaga pada cam standart mencapai maksimal. Hal ini membuktikan bahwa pada saat kondisi campuran bahan bakar mendekati stokiometri maka akan dihasilkan tenaga yang maksimal.

Untuk hasil pengujian emisi cam kondisi 1 didapatkan hasil seperti table dibawah ini:



Grafik 4.6 hasil uji emisi kondisi cam 1

Pada grafik 4.6 terlihat bahwa kandungan O_2 pada hasil uji emisi menjadi sangat dominan. Hal ini disebabkan karena campuran bahan bakar belum mencapai kondisi stokiometri. Pada kondisi ini masih dalam kondisi fuel lean atau kondisi udara berlebih. Sehingga masih banyak sisa O_2 yang belum terbakar. Namun pada RPM sekitar 7800an kita lihat kandungan O_2 turun menjadi sekitar 1%, sedangkan kandungan CO_2 kondisi pembakarannya sudah mencapai keadaan stokiometri.



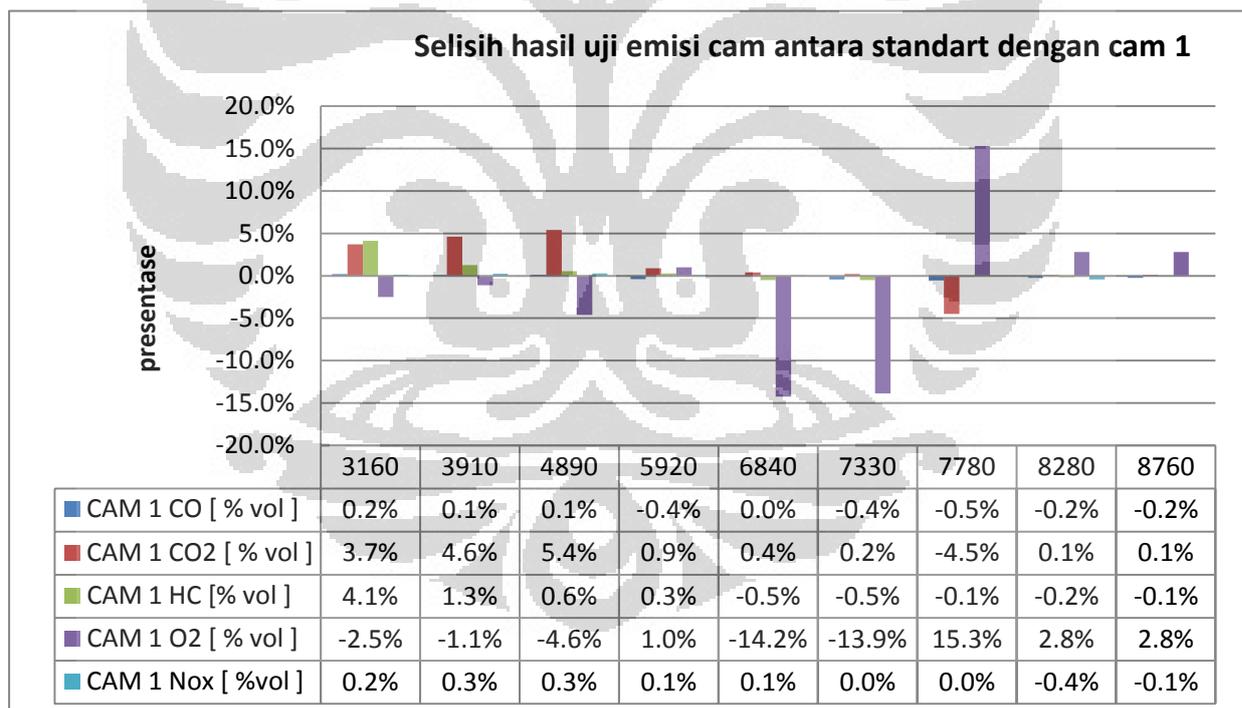
Grafik 4.7 hasil uji emisi cam kondisi 2

Pada hasil uji emisi cam kondisi 2 dapat dilihat bahwa pada kondisi ini terlihat bervariasi. Pada putaran 3000an terlihat kandungan CO_2 dan HC sangat dominan. Kandungan HC yang tinggi menunjukkan bahwa banyak bahan bakar yang terbuang sedangkan kandungan CO_2 yang banyak menunjukkan hasil pembakaran cukup baik. Hal ini mungkin disebabkan karena kondisi overlap yang terlalu lama sehingga membuat campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar tidak stabil.

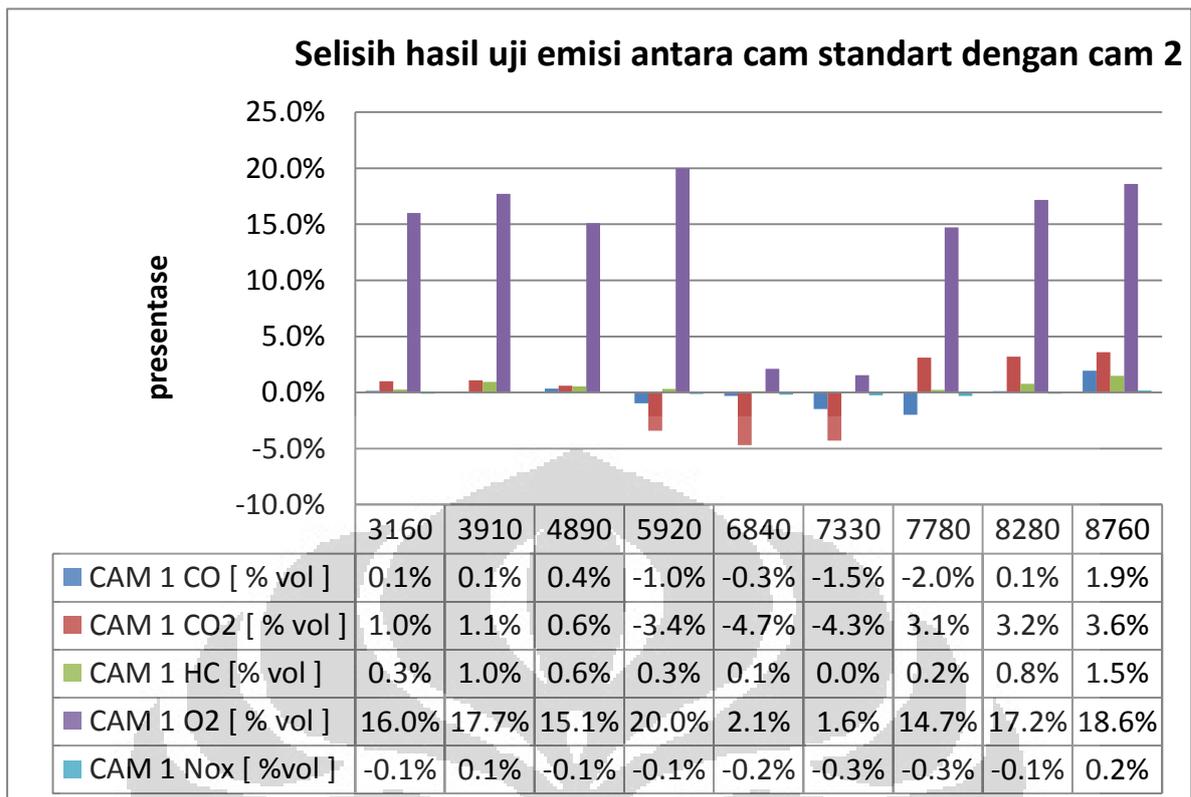
Untuk kondisi putaran antara 3900 sampai 7200 kita bisa lihat bahwa kandungan CO₂ cukup banyak. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi campuran bahan bakar lebih baik dibandingkan saat putaran 3200. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi overlap membantu proses pembakaran.

Pada putaran 7600- 8370 kita bisa lihat bahwa hasil emisi menunjukkan kandungan CO paling tinggi. Hal ini dapat diartikan bahwa terjadi pembakaran yang kurang sempurna sehingga menghasilkan CO yang cukup banyak. Hal ini mungkin disebabkan karena kondisi overlap yang terlalu besar yang mengakibatkan campuran bahan bakar menjadi tidak seimbang.

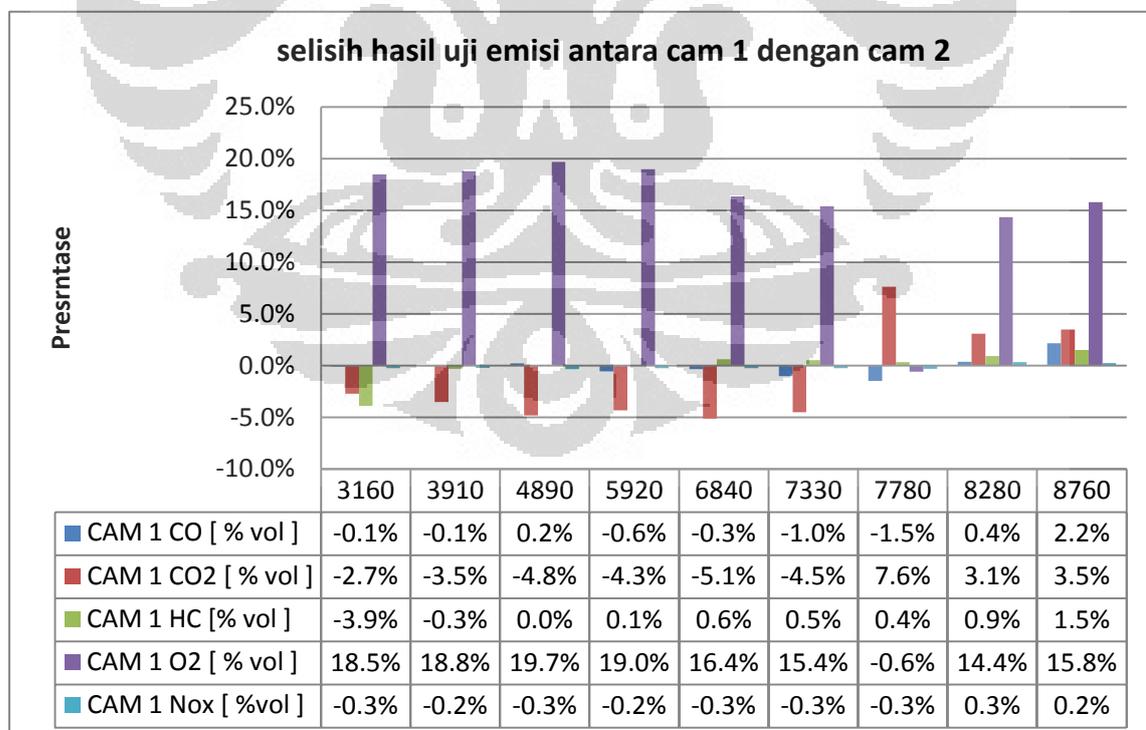
Berikut ini adalah data selisih emisi gas buang pada semua kondisi:



Grafik 4.8 Selisih antara hasil emisi cam standart dengan cam 1



Grafik 4.9 Selisih antara hasil emisi cam standart dengan cam 2



Grafik 4.10 Selisih antara hasil emisi cam 1 dengan cam 2

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan akhir dari percobaan ini berdasarkan data-data yang telah didapat maka dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi cam standart dengan spesifikasi yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, cocok digunakan untuk kecepatan putaran dibawah 6800 RPM karena mampu memberikan daya dan konsumsi bahan bakar yang lebih optimal.

Kemudian untuk cam dengan kondisi 1 dengan spesifikasi seperti yang telah diuraikan pada bab sebelumnya , cocok untuk digunakan pada putaran diatas 6800 RPM. Hal ini didasarkan padadata yang didapat bahwa daya dan konsumsi bahan bakar dari cam kondisi ini lebih optimal saat kecepatan putaran berada pada kondisi demikian dengan menggunakan cam tersebut.

Untuk cam kondisi 2 cocok digunakan sebagai referensi untuk kondisi irit bahan bakar atau juga dikenal *eco mode* pada kendaraan bermotor dikarenakan konsumsi bahan bakar lebih irit namun dengan daya yang dihasilkan tidak terlalu berbeda jauh dari 2 kondisi cam sebelumnya.

5.2. SARAN

Penulis menyarankan bahwa data yang telah didapat pada percobaan ini bisa digunakan sebagai data awal untuk pembuatan mekanisme *VVT SOHC* pada sepeda motor. Mekanisme yang bisa digunakan adalah dengan menggunakan sebuah shaft tambahan yang berfungsi sebagai tempat cam untuk merubah sudut bukaan dengan membuat ulir pada *shaft* tersebut yang berfungsi sebagai rel. Panjang rel yang digunakan telah dihitung terlebih dahulu sehingga bisa bergerak sesuai dengan data yang telah ada dengan bantuan motor solenoid.

DAFTAR REFERENSI

- [1] E. Sher *, T. Bar-Kohany.2002. “Optimization of variable valve timing for maximizing performance of an unthrottled SI engine—a theoretical study”.
- [2] Sugiarto,Bambang.2005.”Motor Pembakarn Dalam”.Depok.
- [3] Data spesifikasi mutigas analyzer.
<http://www.tecnotest.com/tcn/ENG/home.asp>
- [4] G. Fontana, E. Galloni.2008. “Variable valve timing for fuel economy improvement in a small spark-ignition engine”
- [5] Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2009
http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&daftar=1&id_subyek=17¬ab=12
- [6] Spesifikasi fit x.2009.
<http://www.bintangmotor.com/index.php/spec/new-megapro/75-spesifikasi-fitx>
- [7] Triatmono.2007.”Pilih mana torsi atau power”
<http://triatmono.wordpress.com/2007/07/09/pilih-mana-torsi-vs-power/>
- [8] Pengertian dan jenis bahan bakar. October 10, 2011
<http://kabar-pendidikan.blogspot.com/2011/10/artikel-pengertian-dan-jenis-bahan.html>
- [9] Tabel massa jenis C_8H_{18}
<http://www.aqua-calc.com/page/density-table/substance/C8H18>
- [10] Volumetric Efficiency and Engine Airflow .18 November 2011.
http://www.epi-eng.com/piston_engine_technology/volumetric_efficiency.htm
- [11] Volumetric Efficiency. 1 september 2000
http://www.installuniversity.com/install_university/installu_articles/volumetric_efficiency/ve_computation_9.012000.htm

Lampiran

Data hasil dari KS:

