

ANALISIS EMISI GAS BUANG AKIBAT PERUBAHAN SUDUT BUKAAN KATUP MENGUNAKAN MEKANISME SINGLE RAIL PADA *SINGLE OVERHEAD CAMSHAFT*

ANALYSIS OF EXHAUST GAS EMISSIONS DUE TO CHANGES OPENING VALVE ANGLE USING SINGLE RAIL MECHANISM ON SINGLE OVERHEAD CAMSHAFT

Danardono A.Sumarsono, Julius Antoni

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok 16424

Email : danardon@eng.ui.ac.id,

Abstrak

Dalam penelitian ini dikembangkan suatu mekanisme perubah derajat bukaan katup hisap dan katup buang (*Lobe Separation Angle/LSA*) yang dapat di kendalikan sesuai kebutuhan kinerja motor bakar. Dua alur rel pada poros camshaft berfungsi sebagai jalur acuan perubahan relative sudut bukaan katup. *Camshaft* standar dipotong menjadi dua bagian antara kan hisap dan kam buang. Perubahan terjadi saat cara mendorong atau menarik poros penumpu dari *camshaft* sehingga terjadilah perubahan derajat bukaan katup. Mekanisme perubah ini diuji melalui analisis data emisi serta melakukan pengukuran menggunakan *dial cam* agar diketahui perubahan yang terjadi. Hasil penelitian memperlihatkan penurunan emisi gas buang CO sebesar 20,8% pada posisi 1 dan 43,5% pada posisi 2, CO semakin kecil menandakan bahan bakar yang digunakan semakin berkurang. Emisi gas buang CO₂ mengalami kenaikan sebesar 19,4% pada posisi 1 dan 5,6% pada posisi 2, CO₂ semakin tinggi menandakan pembakaran yang terjadi semakin sempurna. Emisi gas buang HC mengalami penurunan sebesar 45,4% pada posisi 1 dan 43,4% pada posisi 2, HC semakin kecil maka pembakaran yang terjadi makin sempurna. Emisi gas buang O₂ tidak mengalami perubahan pada posisi 1 sedangkan pada posisi 2 terjadi kenaikan sebesar 7,5%, O₂ menandakan terjadinya pembakaran *lean combustion* atau *rich combustion*. O₂ juga bisa dipengaruhi oleh pengaturan karburator yang kurang tepat antara campuran bahan bakar dengan udara. Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa mekanisme *single rail* ini dapat berjalan dengan baik dengan memaksimalkan proses pembakaran sehingga hasil uji emisi menjadi jauh lebih baik dari pada kondisi standar dan derajat bukaan katup yang dapat dikontrol sesuai dengan kebutuhan.

Keywords : *Camshaft*, Emisi gas buang, *dial cam*, *Lobe Separation Angle (LSA)*.

Pendahuluan

Peningkatan konsumsi dan penurunan cadangan bahan bakar minyak merupakan masalah utama yang selalu dibicarakan hingga sekarang ini. Berbagai macam inovasi sudah dihasilkan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil ini.

Ketergantungan yang amat sangat terhadap bahan bakar minyak yang cadangannya terus menipis membuat kita perlu melakukan penghematan dan memikirkan cara untuk mencari sumber energy yang lain. Menemukan sumber energi yang baru dan dapat diperbaharui membutuhkan waktu yang tidak sedikit untuk melakukan penelitian. Oleh karena itu yang dapat dilakukan sekarang adalah mengoptimalkan penggunaan bahan bakar minyak agar pemakaiannya menjadi lebih efisien.

Usaha penghematan ini dapat dilakuakan dengan mulai mencari metode baru yang lebih efisien hingga melakuakan eksperimen dengan memodifikasi sistem atau metode yang sudah ada sekarang menjadi lebih efisien lagi. Teknologi yang sudah dikembangkan dan terus digunakan sampai sekarang sebagai tujuan dari penghematan penggunaan bahan bakar minyak adalah mesin dengan siklus otto 4 langkah. Mesin jenis ini dikembangkan lagi dari berbagai sisi, mulai dari

menambahkan jumlah katub, menggunakan teknologi EFI (*electronic fuel injection*), sampai melakukan modifikasi pada *camshaft* untuk mengatur sudut pembukaan katup hisap dan katup keluar.

Eksperimentasi

Pada pengujian ini perubahan sudut *timing cam* dilakukan dengan cara membuat jalur rel yang sudah diketahui sudut perubahannya. Pengujian awal dilakukan terhadap *camshaft* standar sebagai acuan sudut waktu bukaan dan tutup pada katup *intake* dan *exhaust*.

<i>Camshaft standar</i>	<i>Intake</i>	<i>Exhaust</i>
Buka / <i>open</i>	5° sebelum TMA	41° sebelum TMB
Tutup / <i>close</i>	16° sebelum TMB	9° sebelum TMA

Setelah mengetahui data *camshaft* standar maka dilakukan pengujian kinerja mesin dengan menggunakan tiga variasi sudut (standar, variasi 1, dan variasi 2). Variasi yang dibuat dengan merubah derajat bukaan pada Katup *intake*. Spesifikasi cam yang sudah dibuat variasi sebagai berikut:

Variasi 1	Intake	Exhaust
Open	19° sebelum TMA	41° sebelum TMB
Close	30° sebelum TMB	9° sebelum TMA

Variasi 2	Intake	Exhaust
Open	32° sebelum TMA	41° sebelum TMB
Close	43° sebelum TMB	9° sebelum TMA

Variasi ini sudah di uji pada penelitian sebelumnya untuk data emisi dan juga konsumsi bahan bakar. Dari hasil ini maka pada penelitian ini, dibuat mekanisme agar cam dapat berubah secara mekanik pada mesin motor 4-langkah.

Prosedur yang dilakukan dalam pembuatan mekanisme ini adalah:

- Perancangan dan pembuatan mekanisme perubah sudut cam menggunakan system single rel pada poros. Kemudian memotong *camshaft* menjadi dua bagian serta membuat lubang untuk memasang baut tanam sebagai pengunci *camshaft* agar dapat bergerak direl.
- Melakukan pengujian pada motor 4-langkah.

Pengujian mekanisme tersebut diatas dilakukan dengan menggunakan peralatan :

1. Motor bakar *single cylinder*

Untuk menguji sistem mekanisme ini digunakan mesin motor bensin 4-langkah dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe mesin	4 stroke SOHC, air cooling
Volume langkah	97,1 cc
Rasio kompresi	9,0 : 1
Busi	ND U20FS,
Sistem pengapian	AC-CDI, Magneto

2. *Cam degreeing Dial Tester*

Alat ini digunakan untuk mengetahui perubahan dimensi yang sangat kecil dengan tingkat ketelitian yang presisi. *Dial test* dilakukan untuk menentukan sudut *intake* dan *exhaust* kapan terbuka dan tertutup.



Gambar 1. *Cam degreeing dial test*

3. *Gas Analyzer*

Alat ini digunakan untuk mengetahui komposisi gas buang pada motor uji setelah di pasangny alat perubah derajat cam ini. Alat uji emisi yang digunakan adalah tipe 488plus dari *Technotest*.

Proses pengujian mekanisme perubah derajat cam:

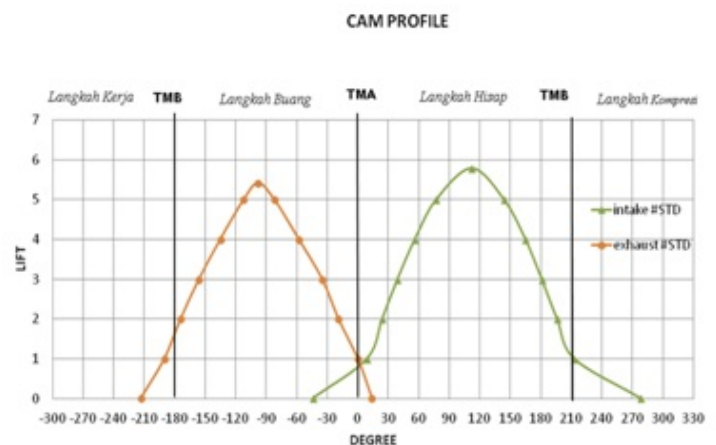
- Membongkar mesin uji yang sudah terpasang.
- Melepaskan tutup dari kepala silinder tempat untuk masuknya camshaft.
- Memasang mekanisme camshaft yang sudah di modifikasi.
- Menguji apakah ada perubahan dengan memutar baut yang diletakkan disebelah kanan dekat busi yang berfungsi untuk mendorong as poros cam(rel) sehingga cam dapat berubah.
- Setelah dilakukan pemutaran baut itu untuk mendorong, terdapat perubahan pada rpm yang naik.

Prosedur pengujian dengan *cam degreeing dial test*

- Pasang *degree disc* pada *crank shaft*.
- Membuka *cover crankcase*.
- Tempatkan jarum *dial* pada bagian atas katup *intake* dan *exhaust*.
- Lakukan kalibrasi pada *dial indicator*.
- Putar *degree disc* kearah yang sesuai dengan putaran motor.
- Data didapat dengan membaca perubahan pada *dial cam* yang dapat dilihat pada *degreeing disc*.

Hasil dan Pembahasan

Data berikut ini merupakan data untuk kondisi *camshaft* standar. Berikut ini adalah kondisi *camshaft standar*:

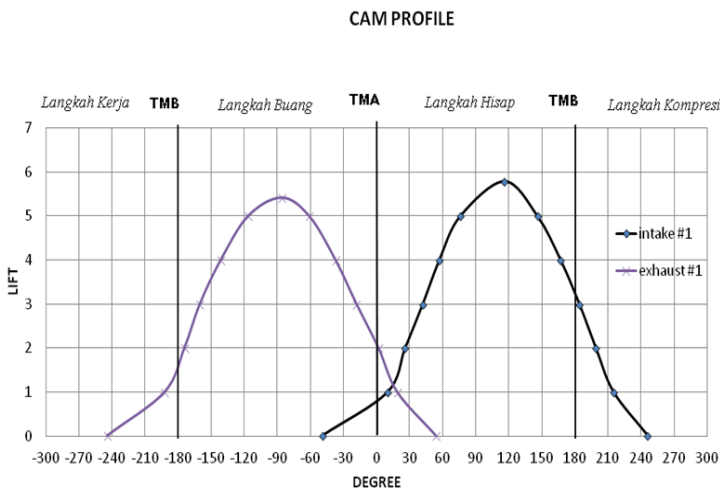


Gambar 2. Grafik profil *cam* standar

Gambar 2 memperlihatkan profil cam kondisi standar mempunyai fase *overlapping* dalam siklus putaran *camshaft*. Hal ini bisa dilihat dari grafik diatas, dimana katup *exhaust* yang masih terbuka ketika

katub *intake* mulai terbuka pada 44° sebelum Titik Mati Bawah (TMB).

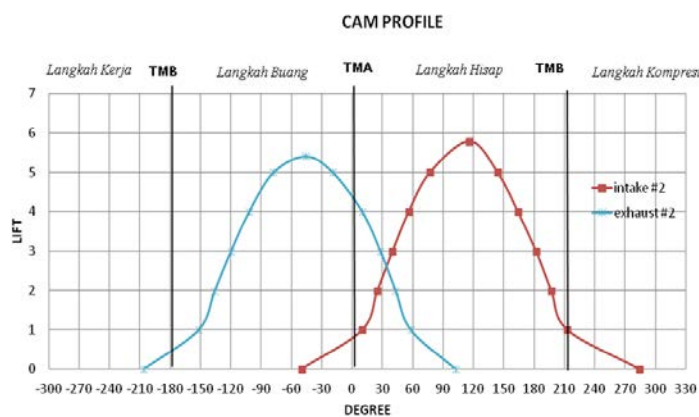
Pada cam posisi 1 ini diharapkan sama dengan cam pada kondisi standar tetapi setelah dilakukan pengujian *dial test* didapatkan data sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik profil cam pada posisi 1

Dari data yang didapatkan terjadi perubahan derajat/timing bukaan katup *intake* dan *exhaust*. Dari grafik bisa dilihat katub tertutup lebih lama sehingga terjadi overlapping yang dengan durasi derajat lebih lebar yaitu 103° dan overlapping terjadi pada 49° sebelum titik mati atas.

Dari data dan grafik diatas katup *exhaust* masih terbuka ketika katup *intake* mulai terbuka. Hal ini menyebabkan terjadinya *overlapping* pada 50° sebelum Titik Mati Atas (TMA) karena adanya perubahan sudut bukaan pada cam *exhaust* yang lebih cepat.



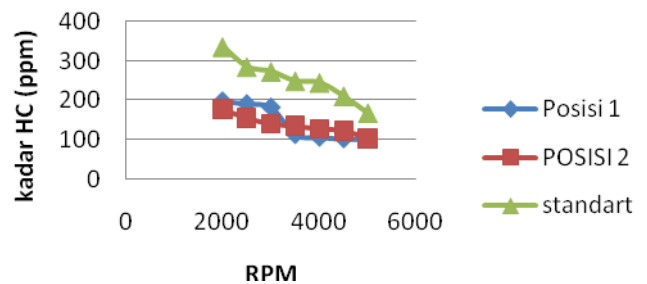
Gambar 4. Grafik profil cam pada posisi 2

Untuk pengujian emisi gas buang, diambil 5 tipe data yang terkandung dalam gas buang yaitu CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x. Pada hasil uji emisi mekanisme perubahan LSA ini dapat dilihat bahwa terjadi perubahan kandungan gas buang yang di

keluarkan. Hal ini menandakan bahwa terjadi suatu perubahan pada sudut bukaan atau *LSA* pada *cam*.

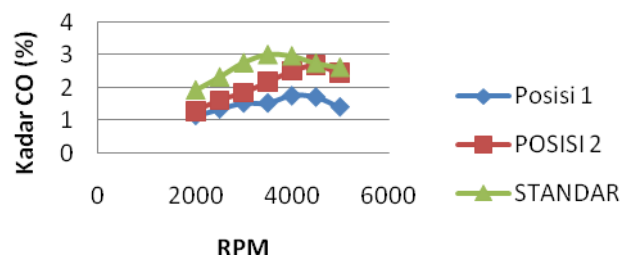
Dari hasil yang didapatkan bisa disimpulkan bahwa hasil dari emisi gas buang dengan mekanisme perubahan *camshaft* lebih baik dari pada kondisi standar, hal ini bisa saja disebabkan oleh bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar dalam komposisi yang pas. Pada hasil uji emisi ini kandungan O₂ masih mendominasi pada gas buang, hal ini bisa jadi karena kondisi dari bagian mesin uji ini dalam keadaan bermasalah, misalnya kondisi knalpot yang bermasalah, baik itu bocor atau tersumbat. O₂ bisa juga sebagai penanda apakah pembakaran yang terjadi pembakaran miskin (*lean combustion*) atau sebaliknya. Gambar 5 memperlihatkan perbandingan emisi HC menggunakan *camshaft* standar dan *camshaft* dengan mekanisme perubah LSA. Partikel HC pada kondisi *camshaft* standar ternyata lebih besar dibandingkan dengan posisi 1 dan posisi 2. Secara teori bahwa adanya partikel HC menandakan adanya bahan bakar yang tidak terbakar dan terbang, makin kecil kandungan HC pada gas buang maka menandakan pembakaran terjadi semakin sempurna. Dalam hal ini, proses pembakaran motor bakar menggunakan *camshaft* dengan mekanisme perubah *LSA* ternyata lebih baik dari pada *camshaft* standar. Hal ini bisa terjadi karena adanya perubahan derajat bukaan pada katub *intake*, sehingga volume bahan bakar yang masuk ke ruang bakar menjadi berubah.

Emisi HC

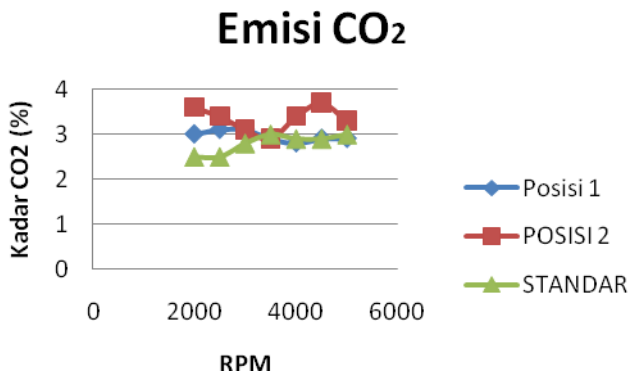
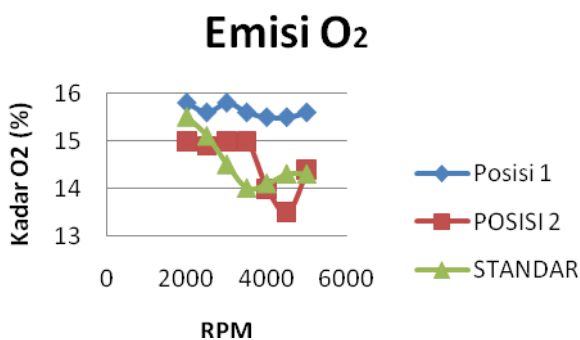


Gambar 5. Perbandingan emisi gas buang HC

Emisi CO



Gambar 6. Perbandingan emisi gas buang CO

Gambar 7. Perbandingan emisi gas buang CO₂Gambar 8. Perbandingan emisi gas buang O₂

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan emisi gas buang CO. Data yang didapatkan memperlihatkan emisi CO pada *camshaft* standar lebih tinggi dibandingkan dengan emisi CO yang dikeluarkan oleh *camshaft* dengan mekanisme perubah. CO pada emisi gas buang bisa menandakan irit tidaknya konsumsi bahan bakar yang digunakan, semakin kecil kandungan CO maka bahan bakar yang digunakan semakin irit. Berdasarkan data yang didapat maka mesin uji yang menggunakan *camshaft* standar lebih boros ketimbang menggunakan *camshaft* dengan mekanisme perubah derajat bukaan *cam* (*intake*). Pada *camshaft* dengan mekanisme perubah derajat emisi CO lebih baik pada posisi 1. Hal ini bisa terjadi karena derajat bukaan katub intake menjadi berubah dan tidak sama dengan *cam* standar maupun posisi 1, maka dapat disimpulkan bahwa mekanisme ini bisa berjalan.

Gambar 7 memperlihatkan hasil emisi CO₂ antara *camshaft* LSA pada posisi 2, dimana dihasilkan CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan *camshaft* standar posisi 1. semakin tinggi kandungan CO₂ pada gas buang maka semakin sempurna pembakaran dan tenaga yang dihasilkan semakin meningkat.

Gambar 8 memperlihatkan perbandingan emisi O₂ yang dihasilkan oleh *camshaft* LSA posisi 1 ternyata

lebih tinggi dibandingkan emisi O₂ yang dihasilkan oleh *camshaft* standar posisi 2.

Kesimpulan

Perubahan sudut katup pada *camshaft* LSA menghasilkan nilai yang lebih baik dari pada menggunakan *cam* standar. Persentase penurunan CO yang terjadi sebesar 20.8% pada posisi 1 dan 43.5% pada posisi 2. Secara teori penurunan kadar CO ini dapat menurunkan pemakaian bahan bakar.

Partikel CO₂ mengalami kenaikan sebesar 19.4% pada posisi 1 dan 5.6% pada posisi 2. Hal ini menandakan bahwa *camshaft* LSA pada posisi 1 dan posisi 2 telah terjadi proses pembakaran yang lebih sempurna.

Partikel HC mengalami penurunan sebesar 45.4% pada posisi 1 dan 43.4% pada posisi 2. Semakin kecil kandungan HC maka pembakaran yang terjadi akan semakin sempurna.

Partikel O₂ tidak mengalami perubahan yang berarti sedangkan pada posisi 2 terjadi kenaikan kadar O₂ sebesar 7.5%.

Referensi

1. Fontana, G., Galloni, E. (2008). *Variable valve timing for fuel economy improvement in a small spark-ignition engine*.
2. Sher, E., Bar-Kohany, T. (2002). *Optimization of variable valve timing for maximizing performance of an unthrottled SI engine—a theoretical study*.
3. Sugiarto, B. (2005). *Motor pembakaran dalam*. Depok.
4. Robert Moran, (2006). *Variable Valvetrain System Technology*. Society of Automotive Engineers, Inc. ISBN 10-0-7680-1685-1
5. R. Lewis and R. S. Dwyer-Joyce (2002). *Automotive Engine Valve Recession*. Professional Engineering Publishing Limited, London and Bury St Edmunds, UK. ISBN 1- 86058-358-X.
6. Stanley Nathan, *Pengaruh Overlapping Pada Camshaft Sepeda Motor Terhadap Daya Motor, Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi gas Buang* (2012). Skripsi.
7. Hans-Hermann Braess and Ulrich Seiffert (2005). *Handbook of Automotive Engineering*. Society of Automotive Engineers, ISBN 0-7680-0783-6