

PENGARUH PERUBAHAN SUDUT PENGAPIAN TERHADAP GAS BUANG MOTOR 4 LANGKAH

I Gusti Gde Badrawada¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 12 Nopember 2009, revisi masuk : 23 Desember 2009, diterima: 22 Januari 2010

ABSTRACT

The aim of this research is to find the influence of ignition timing to emission of 4 stroke motorcycle. The emission is affected by several things such as octane number, combustion process, air consumed. Emission will affect to the green house gas and finally will produce global warming. In addition, the available of fuel will decrease year after year so we must use it effectively. To know the influence of ignition timing to emission, then, this research was done by experimental method to find data. The timing ignition was chosen in 10°, 15° and 20°. For each timing ignition the engine would be rotated from 3000 rpm to 6000 rpm, then the data of emission would be measured by measurement apparatus. From this research, it could be found that ignition timing in 10° had combustion process better relatively than others. It was proven by emission produced by this timing ignition's combustion process.

Keywords: *ignition timing, emission, engine rotation, combustion process.*

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari pengaruh sudut *timing* pengapian terhadap gas buang yang dihasilkan oleh mesin motor 4 langkah. Gas buang yang dihasilkan dari mesin sangat dipengaruhi dari berbagai hal, seperti jenis bahan bakar (angka oktannya) yang digunakan, proses pembakaran, dan udara yang dikonsumsi. Gas buang akan mempengaruhi gas efek rumah kaca. Disamping itu ketersediaan bahan bakar mengalami penurunan dari tahun ke tahun, sehingga kita harus menggunakannya secara hemat. Untuk mengetahui pengaruh sudut *timing* pengapian terhadap gas buang yang dihasilkan oleh mesin maka dilakukan penelitian untuk mendapatkan data dengan metode eksperimental. Sudut-sudut *timing* pengapian 10°, 15° dan 20°, dipilih untuk penelitian ini. Pada masing-masing sudut *timing* pengapian tersebut akan divariasikan putaran mesinnya, mulai dari putaran 3000 rpm sampai dengan 6000 rpm. Kemudian data yang diperlukan akan dicatat dengan menggunakan alat ukur yang telah disiapkan. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil bahwa dengan sudut pengapian 10° menghasilkan proses pembakaran yang lebih sempurna dari sudut *timing* pengapian yang lain. Hal ini dapat dilihat dari gas buang yang dihasilkan berupa CO, HC dan O₂ paling rendah.

Kata kunci: sudut *timing* pengapian, gas buang, putaran mesin, proses pembakaran

PENDAHULUAN

Pada saat ini, isu pemanasan global sudah sangat sering dibicarakan orang. Baik itu pembicaraan yang bersifat lokal sampai pembicaraan bersifat regional bahkan internasional. Ini artinya bahwa pemanasan global merupakan ancaman bagi planet ini kalau kita tidak mulai untuk mengurangnya, sehingga pemanasan global menjadi perhatian dunia dan perlu usaha ber-

sama untuk menanggulangnya. Pemanasan global tidak bisa diatasi secara parsial, hanya satu atau beberapa negara saja yang terlibat untuk menanganinya.

Pemanasan global diakibatkan oleh adanya gas buang yang menghasilkan efek rumah kaca. Gas buangan ini dapat dihasilkan oleh siapapun. Baik itu dalam skala rumah tangga sampai skala industri kecil maupun besar.

¹gdebadrawada@yahoo.co.id

Berdasarkan hal tersebut maka kita semua ikut menyumbang terjadinya efek rumah kaca.

Kita ketahui bahwa ketersediaan bahan bakar yang berasal dari fosil mengalami penurunan, karena telah digunakan sejak lama sekali. Sekarang kita berusaha untuk mencari bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar dari fosil. Oleh karena itu kita harus menggunakan bahan bakar dari fosil tersebut secara hemat.

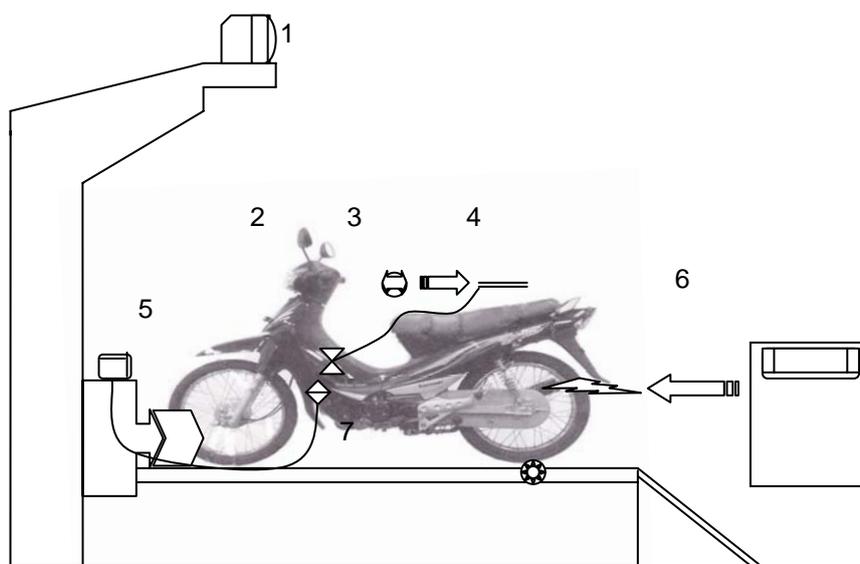
Agar penelitian terfokus pada hal-hal yang diteliti dan dibahas maka penulis membatasinya agar tidak keluar dari pokok pembahasan. Adapun untuk batasan masalahnya adalah motor yang digunakan untuk penelitian adalah motor Kawasaki Blitz (4 langkah, 1 silinder), variasi perubahan sudut pengapian sebesar 10° , 15° dan 20° sebelum Titik Mati Atas (TMA), cara penggeseran pengapian dengan menggeser posisi *pulser*, tidak menjelaskan tentang terjadinya reaksi kimia, Bahan bakar yang digunakan adalah bensin.

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan sudut pengapian terhadap gas buang yang dihasilkan

Setelah didapat sudut pengapian yang optimal maka analisa tersebut dapat diaplikasikan pada motor bakar, khususnya sepeda motor 4 langkah.

Pengujian ini dilakukan dengan metitikberatkan pada hasil gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran pada sudut pengapian yang berbeda. Pada masing-masing sudut pengapian tersebut, mesin diputar dengan variasi putaran dari 3000–6000 rpm. Pengaturan putaran mesin yaitu dengan cara memutar bukaan gas untuk menaikkan putaran mesin dan pada setiap perubahan putaran mesin dilakukan satu kali pengambilan data gas buang yang dihasilkan. Pergeseran sudut yang dilakukan adalah 10° , 15° dan 20° . Mesin uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin sepeda motor 4 langkah dengan spesifikasi teknis sebagai berikut (Buku *Service & Pedoman Pemilik*):

Merek: Kawasaki Blitz-R 2004, jumlah silinder: 1 buah, diameter silinder: 53 mm, langkah: 50,6 mm, volume langkah: 112 ml (cc), perbandingan kompresi: 9,5 : 1, sistem pengapian: CDI (*Capasitive Discharge Ignition*), busi: NGK C 6 HSA / ND U 20 FS-U. Adapun skema pengujiannya dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema penggunaan alat uji

Keterangan :

- 1 : Output Screen data Dynamometer SD 325
- 2 : Kendaraan (motor)

3. : *Stop watch*
4. : Buret ukur
5. : *Console Dyno SD 325*
6. : Alat uji emisi gas buang
7. : *Dynamometer SD 325*

Penelitian tentang "Pengaruh Sudut Timing Pengapian Dengan Inklinasi Port Venture Mixer 5⁰ Pada Engine Toyota K-4 Bahan Bakar Gas Terhadap Emisi Gas Buang" oleh Setyawan, A (2001), dengan perubahan sudut timing pengapian 5⁰, 10⁰, 15⁰, 20⁰ sebelum TMA, menghasilkan; pada sudut pengapian 10⁰ menunjukkan pembakaran yang lebih sempurna dibanding dengan sudut pengapian lainnya, yang ditunjukkan oleh kadar emisi gas CO, CO₂, dan HC paling rendah dibanding yang lain setiap putaran.

Krisbiantoro, Dwi, (2009) dalam tulisannya "Pengaruh Penggunaan CDI Variable dan Variasi Derajat Pengapian Terhadap Unjuk Kerja Mesin Honda Kharisma dengan 2 Busi" memilih variasi sudut pengapian 12⁰, 13⁰, 14⁰, 15⁰, 16⁰ dan 17⁰ sebelum TMA untuk membandingkan pengaruh CDI standar dengan CDI variable pada gas buang yang dihasilkan dari pembakaran. Adapun kesimpulannya adalah gas buang berupa CO turun sebesar 14,58 %, gas buang berupa HC turun sebesar 13,75 %.

Fudipramono, Adang (2008) melakukan penelitian tentang "Studi Experimental Pengaruh Variasi Ignition Timing Terhadap Unjuk Kerja Motor Otto Putaran Konstan dengan Bahan Bakar Biogas" membandingkan unjuk kerja mesin dengan bahan bakar premium dengan mesin Otto dengan bahan bakar biogas dengan sudut pengapian 22⁰, 24⁰, 26⁰ dan 28⁰ sebelum TMA. Hasil yang diperoleh adalah, pada sudut pengapian 26⁰ mesin Otto mengalami penurunan beban tertinggi sebesar 75 %, dari 885 kW menjadi 220 kW. Adapun daya, torsi dan bmeq mengalami kenaikan sebesar 8,5 %, 9 %, 9 %. Sedang sfc biogas mengalami kenaikan sebesar 141 % dan efisiensi mesinnya mengalami penurunan 5 %.

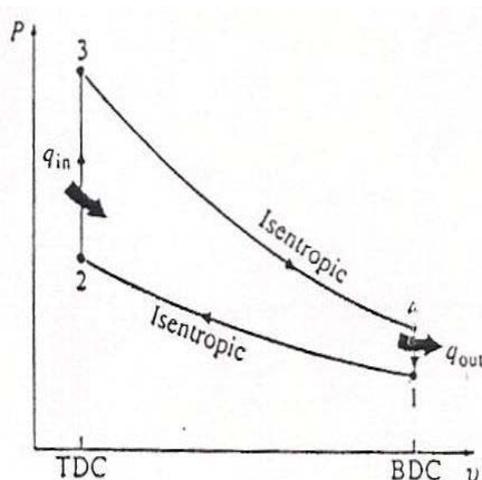
Salah satu penggerak mula yang banyak digunakan adalah mesin kalor,

yaitu mesin konversi energi yang memanfaatkan energi *thermal* menjadi energi mekanik sehingga menghasilkan usaha yang dapat dimanfaatkan untuk membantu kinerja manusia. Ditinjau dari cara memperoleh energi *thermal*, mesin kalor dibagi menjadi dua golongan yaitu mesin pembakaran luar atau *external combustion engine* (ECE) dan mesin pembakaran dalam atau *internal combustion engine* (ICE).

Motor bakar torak merupakan jenis alat konversi energi yang kadang menggunakan beberapa silinder atau silinder tunggal yang didalamnya terdapat piston atau torak yang bergerak translasi di dalam silinder, kemudian gerak translasi ditransmisikan ke poros engkol (*crank shaft*) melalui batang torak (*connecting rod*) yang dirubah menjadi gerakan rotasi didalam *crank shaft*.

Konversi energi yang terjadi pada motor bakar torak berdasarkan pada siklus termodinamika. Proses termodinamika yang terjadi sangat kompleks untuk dianalisis secara teori. Untuk memudahkan analisis tersebut, diterapkan asumsi-asumsi atau suatu keadaan yang ideal.

Siklus Otto (siklus udara volume konstan) dapat digambarkan dengan grafik P-v. Pada siklus Otto atau siklus volume konstan, proses pembakaran terjadi pada volume konstan. Sedangkan siklus Otto tersebut ada yang berlangsung dengan 4 langkah atau 2 langkah. Adapun langkah dalam siklus Otto yaitu gerakan piston dari Titik Mati Atas (TMA) ke posisi Titik Mati Bawah (TMB) dalam silinder. Siklus ini dianggap "tertutup" artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama ; atau, gas yang berada di dalam silinder pada titik 1 dapat dikeluarkan dari dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah hisap berikutnya akan masuk sejumlah fluida yang sama. Proses siklus Otto dapat dilihat pada gambar 2.



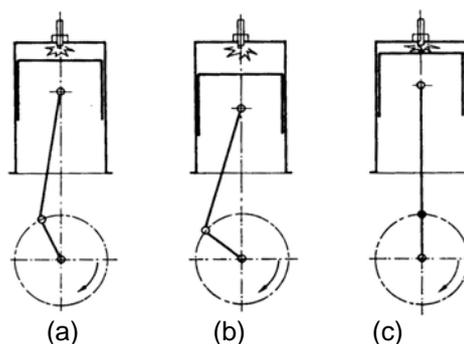
Gambar 2. Diagram P – v siklus Otto

- 1 – 2 : Proses kompresi, berlangsung secara isentropik.
- 2 – 3 : Proses pemasukan kalor $Q_{in} = m.C_v.(T_3 - T_2)$
- 3 – 4 : Proses ekspansi berlangsung secara isentropik.
- 4 – 1 : Proses buang, berlangsung secara isovolume.
 $Q_{out} = m.C_v.(T_4 - T_1)$

Dalam kenyataan tidak ada satu siklus pun merupakan siklus volume konstan. Diagram P-v siklus sebenarnya diperoleh sebagai hasil dari pengukuran tekanan gas didalam silinder dengan menggunakan alat ukur yang khusus dibuat untuk keperluan itu, diagram tersebut biasa disebut dengan diagram indikator

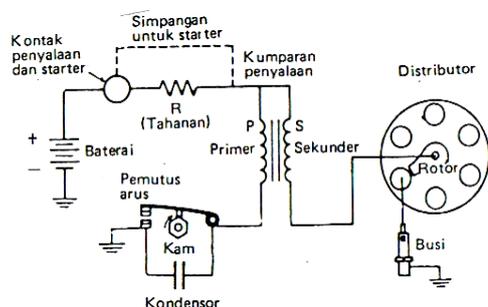
Suatu pembakaran dapat terjadi apabila terdapat tiga media, yaitu adanya bahan bakar, oksigen dan sumber api. Sistem pengapian merupakan bagian yang sangat vital pada motor bakar torak khususnya motor bensin. Untuk membangkitkan tegangan listrik pada busi terdapat beberapa komponen pendukung yang terlibat didalam sistem tersebut, sehingga terjadi loncatan bunga api yang membakar campuran bahan bakar dan udara yang dikompresi didalam ruang bakar. Apabila sistem ini tidak bekerja dengan baik, maka hal ini akan mengganggu kelancaran proses pembakaran sehingga akan berakibat terjadinya pembakaran yang kurang sempurna.

Saat pengapian (lihat gambar 3) harus dipilih sedemikian rupa sehingga motor memberikan daya terbesar dan pembakaran berlangsung tanpa pukulan. Penghentian pembakaran gas sebaiknya terjadi pada akhir langkah kompresi atau sedikit sesudahnya. Ini disebabkan oleh pengembangan gas terbesar akibat suhu tinggi harus terjadi pada volume terkecil, sehingga piston mendapatkan tekanan besar.



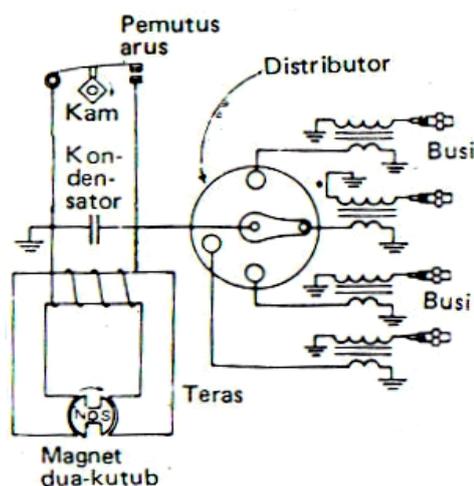
Gambar 3. Berbagai saat pengapian. (a) Pengapian tepat. (b) Pengapian cepat. (c) Pengapian lambat

Sistem pengapian pada motor bensin terdapat dua jenis, yaitu sistem pengapian baterai dan sistem pengapian *magnetto*. Kedua sistem ini mempunyai prinsip dan tujuan yang sama yaitu sama-sama memakai arus listrik yang tinggi untuk menciptakan loncatan bunga api di antara kedua ujung elektroda busi. Gambar 4 menunjukkan skematik sistim penyalaan konvensional, sistim ini terdiri dari sebuah baterai sebagai sumber energi listrik, kontak penyalaan, kumparan, tahanan, distributor, busi dan kabel-kabel penghubung. Kumparan penyalaan atau lazim disebut koil berfungsi menaikkan tegangan dari baterai menjadi tegangan tinggi didalam kumparan-kumparannya. Tahanan terkadang dibutuhkan untuk mengatur arus primer pada koil agar jangan naik terlalu tinggi. Distributor yang didalamnya terdapat beberapa komponen seperti pemutus arus, kam, kodensor, rotor, dan alat pengatur penyalaan berfungsi membagi tegangan pada masing – masing busi, yaitu apabila terdapat lebih dari satu silinder.



Gambar 4. Sistem penyalan baterai (Arismunandar, 2002: .63)

Sistem *magnetto* (lihat gambar 5) memanfaatkan medan magnet dan kumparan sebagai penghasil energi listrik. Medan magnet didalam teras kumparan primer dan sekunder dibangkitkan oleh putaran magnet permanen. Pada waktu magnet permanen berputar menjauhi kutub terasnya, pada saat mencapai kedudukan tertentu arus primer mencapai harga maksimum, akan tetapi pemutus arus segera terbuka sehingga arus primer itupun terputus. Didalam kumparan sekunder akan terinduksi tegangan tinggi sehingga terjadi loncatan listrik diantara kedua elektroda busi.

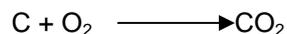


Gambar 5. Skema sistem magneto tegangan rendah, dua kutub (Arismunandar, 2002: .63)

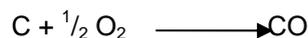
Emisi gas buang didefinisikan sebagai gas yang diemisikan oleh kendaraan. Gas dari sistem pembuangan (knalpot) merupakan sumber utama emisi tetapi juga dari evaporasi bahan

bakar, tangki bahan bakar dan *blow by gas*. Bahan bakar terdiri dari campuran beberapa bahan Hidrokarbon yang secara teoritis jika pembakaran bahan bakar dan udara secara sempurna, maka yang akan dihasilkan gas Karbondioksida (CO₂) dan uap air (H₂O) yang tidak berbahaya terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan. Namun kenyataannya pembakaran sempurna sulit terjadi sehingga gas yang bersifat racun seperti CO, NO₂, HC dan lain-lain dapat muncul dari sisa pembakaran.

Adapun proses dari terbentuknya gas buang adalah : Timah Hitam (Pb) Timah Hitam dalam bensin tidak bereaksi dalam proses pembakaran sehingga setelah pembakaran akan keluar tetap sebagai Timah Hitam (Pb). Berikutnya adalah Hidrokarbon (HC) yang merupakan sumber emisi. Hidrokarbon dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah. Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan Hidrokarbon lain yang keluar bersama gas buang. Sebab utama timbulnya Hidrokarbon adalah sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran. Adanya *overlap intake valve* (kedua katup sama-sama dalam posisi terbuka) sehingga merupakan gas pembilas atau pembersih. Berikutnya adalah Karbon Monoksida (CO). Jika karbon dalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, maka akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO₂ sebagai berikut:



Apabila unsur oksigen (udara) tidak cukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon didalam bahan bakar terbakar dalam suatu proses sebagai berikut:



Dengan kata lain, emisi Karbon Monoksida dari kendaraan dipengaruhi oleh perbandingan campuran antara udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Jadi untuk mengurangi Karbon Monoksida perbandingan cam-

puran ini harus dibuat kurus. Namun akibat lain Hidrokarbon dan Nitrogen Oksida mudah timbul serta output mesin menjadi kurang. Zat berikutnya adalah Oksigen (O₂). Pembakaran yang tidak sempurna didalam mesin menyisakan O₂ ke udara. O₂ yang tersisa ini semakin kecil bilamana pembakaran lebih sempurna. Nitrogen (N₂). Udara digunakan untuk pembakaran dalam mesin, yang sebagian besar terdiri dari gas Nitrogen (79%), pada saat terjadi pembakaran, gas Nitrogen tidak ikut bereaksi, sehingga keluar dari mesin berupa Nitrogen itu sendiri. Nitrogen Oksida (NO_x). Jika terdapat unsur Nitrogen dan Oksigen pada temperatur 1000 – 2000°C akan terjadi reaksi pembentukan gas seperti sebagai berikut:



Di udara, NO mudah menjadi NO₂. NO_x didalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO₂ dan sisanya N₂O, N₂O₃ dan sebagainya. Air (H₂O). Merupakan hasil reaksi pembakaran dalam ruang bakar, dimana kadar air yang dihasilkan dari mutu bahan bakar. Makin banyak uap air dalam pipa gas buang, mengindikasikan pembakaran semakin baik. Semakin besar uap air yang dihasilkan, pipa knalpot tetap bersih dan sekaligus menunjukkan mesin bersih dari emisi.

Dalam pengujian mesin konsumsi bahan bakar diukur sebagai aliran massa bahan bakar per unit waktu (m_f). Konsumsi bahan bakar spesifik / *specific fuel consumption* (sfc) adalah laju aliran bahan bakar per satuan daya. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana efisiensi mesin dalam menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan daya:

$$sfc = \frac{m_f}{P} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan
sfc = Konsumsi bahan bakar spesifik (mg/kW)

m_f = Massa bahan bakar (g/s)
P = daya (kW)

Laju konsumsi bahan bakar dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_f = \frac{1}{t} \times \rho_{bb} \text{ (g/s)} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:
t = Waktu konsumsi bahan bakar setiap 1 ml (s)
ρ_{bb} = Massa jenis bahan bakar (gr/cm³) = 0,73 gr/cm³ untuk premium.

PEMBAHASAN

Data dari hasil penelitian disajikan dalam Tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Konsumsi bahan bakar/1 ml

Putaran	Konsumsi bahan bakar/ 1 ml (s)		
	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰
3000	9.85	9.41	10.71
3500	8.87	9.28	8.92
4000	6.09	8.32	8.15
4500	4.49	5.47	5.03
5000	3.44	3.57	4.53
5500	2.46	2.09	2.65
6000	2.22	2.37	2.11

Tabel 2. Daya (P_b)

Putaran	Daya (P _b)		
	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰
3000	1.005	0.973	0.977
3500	1.685	1.649	1.535
4000	2.262	2.178	2.058
4500	3.110	2.874	2.977
5000	3.874	4.031	4.252
5500	5.587	5.536	5.255
6000	7.414	7.414	7.182

Dengan menggunakan persamaan (2) maka diperoleh hasil laju konsumsi bahan bakar sebagai berikut:

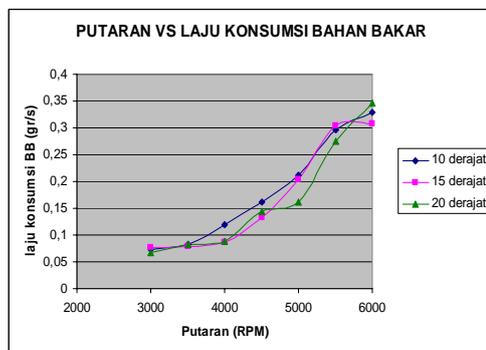
$$m_f = \frac{1}{t} \times \rho_{bb} = 0.074 \text{ g/detik}$$

Jumlah laju bahan bakar yang diterima oleh masing-masing sudut pengapian mengalami kenaikan seiring dengan naiknya putaran mesin. Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa jumlah laju bahan

bakar yang diterima oleh sudut pengapian 10° mempunyai nilai yang relatif lebih tinggi dari sudut pengapian yang lain. Disusul oleh sudut pengapian 15° dan terakhir sudut pengapian 20°

Tabel 3. Laju konsumsi bahan bakar (m_f)

Putaran	10°	15°	20°
3000	0.074	0.077	0.068
3500	0.082	0.078	0.082
4000	0.119	0.087	0.089
4500	0.162	0.133	0.145
5000	0.212	0.204	0.161
5500	0.296	0.304	0.275
6000	0.328	0.308	0.346



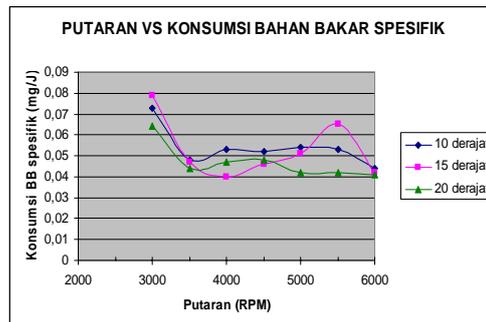
Gambar 6. Grafik putaran-laju konsumsi bahan bakar.

Dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh hasil konsumsi bahan bakar spesifik sebagai berikut:

$$sfc = \frac{m_f}{P_b} = 0.073 \text{ mg/kW}$$

Tabel 4. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik (sfc)

Putaran	10°	15°	20°
3000	0.073	0.079	0.064
3500	0.048	0.047	0.044
4000	0.053	0.040	0.047
4500	0.052	0.046	0.048
5000	0.054	0.051	0.042
5500	0.053	0.065	0.042
6000	0.044	0.042	0.041



Gambar 7. Grafik putaran-konsumsi bahan bakar spesifik.

Hubungan putaran dengan konsumsi bahan bakar spesifik tidak mengalami kecenderungan yang sama dengan hubungan-hubungan yang lain sebelumnya. Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa hubungan putaran dengan konsumsi bahan bakar spesifik terjadi fluktuasi. Tetapi tetap sudut pengapian 10° mempunyai nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang relatif lebih tinggi dari sudut pengapian yang lainnya.

Tabel 5. Data pengujian emisi gas buang pada mesin

(a) Perubahan sudut timing 10°

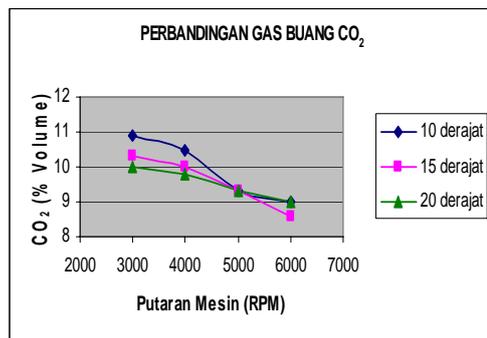
Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppm)	O ₂ (%Vol)
3000	10.9	3.63	220	2.26
4000	10.5	4.07	212	2.22
5000	9.3	5.29	275	2.45
6000	9.0	5.94	276	2.18

(b) Perubahan Sudut Timing 15°

Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppm)	O ₂ (%Vol)
3000	10.3	4.14	2.70	2.41
4000	10.0	4.52	2.49	2.28
5000	9.3	5.40	2.70	2.36
6000	8.6	6.31	2.59	2.17

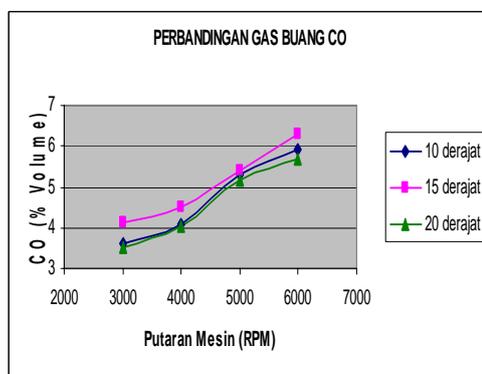
(c) Perubahan Sudut Timing 20°

Putaran Mesin (rpm)	CO ₂ (% Vol)	CO (% Vol)	HC (ppm)	O ₂ (%Vol)
3000	10.0	3.54	260	2.45
4000	9.8	4.02	270	2.40
5000	9.3	5.18	275	2.32
6000	9.0	5.69	276	2.20



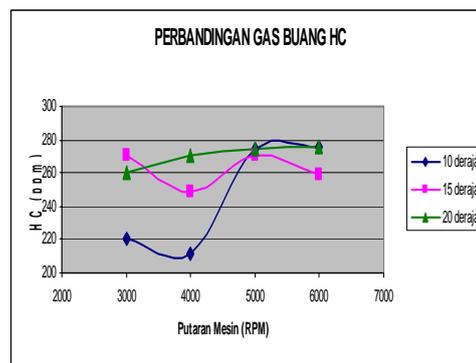
Gambar 8. Grafik perbandingan gas buang CO₂.

Perbandingan gas buang CO₂ hasil pembakaran dari masing-masing sudut pengapian dapat dilihat pada gambar 8. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa pada putaran mesin di bawah 5000 rpm, hasil gas buang CO₂ yang dihasilkan oleh sudut pengapian 10° relatif paling banyak dari sudut pengapian yang lainnya. Ini mengindikasikan bahwa pembakaran yang terjadi pada sudut pengapian 10° lebih sempurna dari yang lain.



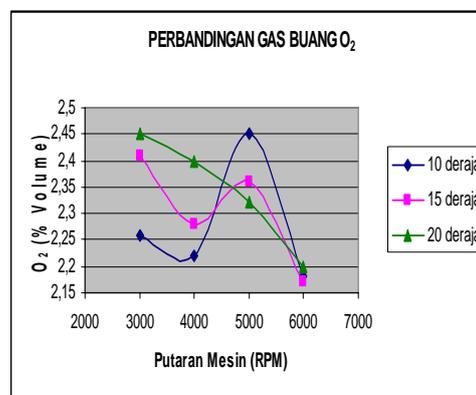
Gambar 9. Grafik perbandingan gas buang CO.

Karena pada sudut pengapian 10° terjadi pembakaran yang lebih sempurna dari sudut yang lain pada putaran mesin di bawah 5000 rpm, maka gas CO hasil pembakaran dari sudut pengapian ini akan paling sedikit dari yang lain (lihat gambar 9). Artinya suplai udara pada pembakarannya lebih cukup dari pembakaran pada sudut pengapian 15° dan 20°.



Gambar 10. Grafik perbandingan gas buang HC.

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa pada putaran mesin di bawah 5000 rpm, gas buang HC hasil pembakaran pada sudut pengapian 10° mempunyai nilai relatif paling rendah dari hasil pembakaran pada sudut yang lain. Artinya pembakaran bahan bakar pada sudut pengapian ini lebih sempurna, karena HC yang merupakan unsur bahan bakar lebih banyak yang terbakar.



Gambar 11. Grafik perbandingan gas buang O₂.

Dari grafik-grafik di atas dapat diketahui bahwa pembakaran yang terjadi pada sudut pengapian 10° lebih sempurna dari sudut pengapian yang lain. Oleh karena itu udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran akan ikut terbakar lebih banyak, sehingga sisa O₂ dari udara yang tidak ikut terbakar akan lebih sedikit. Hal itu dapat dilihat dari gambar 11 yang menyatakan bahwa sisa udara berupa O₂ hasil pembakaran pada sudut pengapian 10° relatif paling sedikit daripada sudut

pengapian yang lain untuk putaran mesin di bawah 5000 rpm.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat kita simpulkan bahwa pada putaran mesin di bawah 5000 rpm, sudut pengapian 10° mempunyai proses pembakaran yang lebih sempurna dari sudut pengapian yang lain, hal ini dibuktikan dari analisa hasil gas buang yang dihasilkan oleh sudut pengapian ini. Gas buang berupa CO_2 yang dihasilkan oleh sudut pengapian 10° adalah yang paling tinggi, sedang berupa CO adalah yang paling rendah, berupa HC yang paling rendah dan berupa O_2 juga yang paling rendah. Walaupun konsumsi bahan bakar yang diterima oleh sudut pengapian 10° yang paling besar dari yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, Wiranto., 2002, *Motor Bakar Torak.*, ITB Bandung.

_____, 2005, *Buku Servis & Pedoman Pemilik*, PT. Kawazaki Motor Indonesia.

Setyawan, A., 2001, *Pengaruh Sudut Timing Pengapian Dengan Inklinasi Port Venture Mixer 5° Pada Engine Toyota K-4 Bahan Bakar Gas Terhadap Emisi Gas Buang.*, ISTA. Yogyakarta.

Krisbiantoro, Dwi, 2009, *Pengaruh Penggunaan CDI Variable dan Variasi Derajat Pengapian Terhadap Unjuk Kerja Mesin Honda Kharisma dengan 2 Busi*, <http://digilib.its.ac.id>

Fudipramono, Adang, 2008, *Studi Experimental Pengaruh Variasi Ignition Timing Terhadap Unjuk Kerja Motor Otto Putaran Konstan dengan Bahan Bakar Biogas*, <http://digilib.its.ac.id>