

PENGARUH PENINGKATAN PERBANDINGAN KOMPRESI TERHADAP EMISI GAS BUANG KENDARAAN SEPEDA MOTOR HONDA BLADE 110 CC

Budi Utomo Wisesa¹, Bahrul Amin², Erzeddin Alwi³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Otomotif FT UNP
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar 25131 INDONESIA
budiutomowisesa@gmail.com

Intisari --- Perbandingan kompresi merupakan perbandingan antara total volume langkah ditambah dengan volume ruang bakar dibagi dengan volume ruang bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh peningkatan perbandingan kompresi terhadap emisi gas buang kendaraan sepeda motor Honda blade 110 cc. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan melakukan pengujian emisi pada kondisi perbandingan kompresi 9:1 dan 10,2:1. Hasil penelitian tersebut adalah peningkatan perbandingan kompresi mempengaruhi konsentrasi kadar emisi karbon monoksida dan hidrokarbon. Konsentrasi CO meningkat 16,35%, hal ini terjadi karena peningkatan perbandingan kompresi dapat meningkatkan tekanan dan temperatur pada silinder, sehingga mengakibatkan disosiasi molekul CO₂ menjadi CO dan O₂. Sedangkan konsentrasi kadar HC meningkat 52,74%, hal ini terjadi karena peningkatan perbandingan kompresi dapat meningkatkan konsentrasi hidrokarbon, yang disebabkan oleh tekanan lebih besar dari total volume mesin sehingga proses pembakaran menjadi kurang sempurna.

Kata kunci --- Perbandingan kompresi, kadar emisi CO, kadar emisi HC.

Abstract --- The compression ratio is the ratio between the total volume measures coupled with a combustion chamber volume divided by the volume of the combustion chamber. This study aims to describe the effects of an increase in the compression ratio of the exhaust emissions of vehicles motorcycle Honda blade 110 cc. this research uses experimental methods, by doing a comparison on conditions of emission testing of compression from 9: 1 and 10.2: 1. The research results is an increase in compression ratio affect the concentration levels of carbon monoxide and hydrocarbon emissions. The concentration of CO is rising 16.35%, this occurs because of an increase in compression ratio can increase pressure and temperature on the cylinder, thus causing the dissociation of molecules of CO₂ into CO and O₂. While increased levels of concentration of HC 52,74%, this occurs because of an increase in compression ratio can increase the concentration of hidrokarbon, which is caused by the pressure is greater than the total volume of the engine so that the combustion process becomes less than perfect.

Keywords --- comparison of compression, CO emission levels, HC emissions level.

1. Pendahuluan

Kendaraan bermotor merupakan sarana transportasi yang saat ini banyak kita ditemukan dalam aktifitas sehari-hari, seperti sepeda motor dan mobil umumnya. Penggunaan transportasi tersebut merupakan suatu kemudahan bagi masyarakat agar tepat

waktu, memberikan kesan aman dan nyaman dalam perjalanan. Namun dengan penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan tersebut secara terus menerus akan berdampak negatif, yakni bisa menurunnya cadangan minyak bumi, dan mengakibatkan pencemaran udara. Seperti dijelaskan Pulkrabek (2004:35)

“The exhaust of automobiles is one of the major contributors to the world's air pollution problem. Recent research and development has made major reductions in engine emissions, but a growing population and a greater number of automobiles means that the problem will exist for many years to come”.

Maksud dari pernyataan diatas adalah gas buang kendaraan bermotor merupakan salah satu penyumbang masalah polusi udara didunia. Perkembangan dan penelitian baru-baru ini, emisi yang dihasilkan engine dapat direduksi, tetapi populasi dan angka pertumbuhan kendaraan yang semakin meningkat mengakibatkan masalah polusi ini akan tetap ada untuk beberapa tahun yang akan datang. Kemudian, Srikandi (1992:93) menyatakan “sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan 15% terdiri dari hidrokarbon”.

Berdasarkan pernyataan tersebut, disimpulkan bahwa Pencemaran udara yang secara berkelanjutan berasal dari kendaraan bermotor, dan konsentrasi gas katbon monoksida (CO) yang dihasilkan memiliki jumlah yang cukup besar sehingga berbahaya bagi lingkungan hidup.

Industri otomotif telah menginformasikan kepada masyarakat tentang jenis bahan bakar yang sesuai dengan perbandingan kompresi kendaraan, namun masih banyak orang yang belum memahami tentang hal ini, karena semakin besar perbandingan kompresi berbanding lurus dengan nilai oktan pada bensin yang dipakai. Sepeti perbandingan kompresi 8,8-9,2:1 bisa menggunakan bensin dengan oktan 88, kemudian perbandingan kompresi 9,2-10,0:1 bisa menggunakan oktan 92-95, (www.oto.co.id). “Adapun pengaruh jika mesin dengan perbandingan kompresi yang tinggi menggunakan bensin angka oktan rendah mesin akan mengalami *knocking* (suara ketukan) atau pembakaran terjadi lebih awal dari timing pengapian” (saft7.com).

Hal ini merupakan kerugian karena pembakaran campuran bahan bakar didalam ruang bakar tidak menjadi tenaga, sehingga menimbulkan peningkatan konsumsi bahan bakar, Efek tersebut juga dijelaskan oleh Richard stone dan Jeffrey K. Ball (2004:48) *“When auto-ignition occurs, the resulting pressure oscillations disrupt the thermal boundary layer, and this can lead to*

overheating of key components. If the rise in temperature causes pre-ignition, then the earlier ignition will exacerbate the knock and lead to even earlier pre-ignition. This phenomenon is known as runaway knock, which invariably results in engine failure. Finally, there is a phenomenon known as “running-on,” which is the engine continuing to operate after the ignition has been turned off. This is caused by some form of surface ignition (usually from combustion deposits) in a similar manner to pre-ignition”.

Maksud dari pernyataan tersebut adalah ketika *auto-ignition* terjadi akan menghasilkan tekanan osilasi dan menaikkan batas termal, ini menyebabkan panas berlebih pada komponen inti. Jika kenaikan suhu menyebabkan *pre-ignition*, maka pembakaran sebelumnya menjadikan detonasi berkelanjutan. Fenomena ini dikenal sebagai *“runaway knock”* yang menghasilkan kegagalan mesin. Kemudian, fenomena ini dikenal juga *“running on”* dimana mesin tetap beroperasi ketika kunci kontak telah dimatikan. Akibatnya akan menimbulkan penumpukan deposit diruang bakar.

Efek lain dari masalah *knocking* juga bisa meningkatkan emisi gas buang, hal ini dijelaskan oleh Agus (2009) “dengan adanya *knocking* maka gas CO yang terbawa pada gas buang akan semakin besar konsentrasi kadar racunnya. Selain CO, kandungan hidrokarbon juga mengalami peningkatan, hal ini dijelaskan oleh Roger (1995:82) *“Engines incorporating these designs have compression ratios up to 10:1, while still allowing the use of regular 87 octane gasoline. High compression ratios also can increase hydrocarbon emissions from the engines”.*

Maksud dari pernyataan tersebut adalah mesin dengan desain perbandingan kompresi hingga 10:1, tetapi masih menggunakan bahan bakar dengan oktan 87 dapat meningkatkan emisi hidrokarbon dari mesin.

2. Kajian teoritis

2.1 Perbandingan Kompresi

Perbandingan kompresi pada motor bakar merupakan perbandingan antara volume langkah ditambah dengan volume ruang bakar dibagi volume ruang bakar. Persamaa tersebut dapat dilihat seperti berikut.

$$CR = \frac{V_1 + V_k}{V_k} \dots (\text{Hasan, 2012:14})$$

Keterangan:

CR : *Compression Ratio*

VI : Volume Langkah

Vk : Volume Kompresi

2.2 Emisi Gas Buang

Gas buang adalah produk dari pembakaran dalam keadaan ideal, gas buang akan menjadi Karbon Dioksida, uap (air) dan Nitrogen. Namun kondisi operasi mesin yang bervariasi, akhirnya gas tersebut menghasilkan berbagai jenis gas dan material lain seperti (1) CO, disebabkan oleh campuran kaya dan pembakaran tidak sempurna; (2) NOx, disebabkan karena suhu yang tinggi; (3) HC, disebabkan buruknya pembakaran; (4) PM, jelaga atau organ logam; (5) SO₂, timbul dari pembakaran sejumlah kecil sulfur dalam bahan bakar diesel. Kemudian pendapat lain mengenai emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan yakni, oleh Srikandi (1992:93) menyatakan bahwa “Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari Karbon Monoksida dan sekitar 15% terdiri dari Hidrokarbon”.

2.3 Hubungan Perbandingan Kompresi dengan Emisi Gas Buang

Variabel yang mempengaruhi proses pembakaran salah satu diantaranya adalah perbandingan kompresi, hal ini dijelaskan oleh *Ganesan (2004:604) the compression ratio in most SI engine is limited by knock, and the use economically feasible antiknock quality fuel.*

Pernyataan tersebut, menjelaskan bahwa perbandingan kompresi pada *SI engine* dibatasi karena akan menyebabkan *knock*, sehingga menggunakan kualitas bahan bakar yang ekonomis serta memiliki sifat *antiknock*. Aktualnya, pengaruh peningkatan perbandingan kompresi menjadikan tekanan dan temperatur dalam silinder juga mengalami peningkatan, sehingga mempengaruhi konsentrasi CO dalam proses pembakaran, dan menghasilkan banyak kandungan CO yang cukup signifikan, walaupun oksigen dalam keadaan cukup. Hal ini terjadi karena adanya disosiasi molekul CO₂ menjadi CO dan O₂ yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi. Variabel utama yang mempengaruhi UHC (*Unburned Hydrocarbon*) dalam *SI engine* adalah perbandingan campuran, perbandingan kompresi, kecepatan mesin, dan waktu pengapian. Kemudian, perbandingan

kompresi yang tinggi dapat meningkatkan kandungan HC, karena dengan ruang bakar yang lebih kecil akan meningkatkan tekanan lebih besar dari total volume mesin. Kemudian, pendapat lain yang juga dijelaskan oleh; *Roger (1995:82) “Engines incorporating these designs have compression ratios up to 10:1, while still allowing the use of regular 87 octane gasoline. High compression ratios also can increase hydrocarbon emissions from the engines”.*

Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa mesin dengan desain perbandingan kompresi hingga 10:1, tetapi masih menggunakan bahan bakar dengan oktan 87 dapat meningkatkan emisi hidrokarbon. Peningkatan konsentrasi tersebut, dapat dilihat pada grafik berikut yang menjelaskan hubungan perbandingan kompresi terhadap konsentrasi Hidrokarbon.

3. Metode penelitian

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengukur kandungan emisi gas buang yang dihasilkan mesin dengan memodifikasi ruang bakar yakni memperkecil volume ruang bakar pada kepala silinder. Seperti yang dijelaskan Sugiyono (2013:78) “Sebelum diberi perlakuan, kelompok diberi *pretest* sampai empat kali, dengan dimaksud untuk mengetahui kestabilan dan kejelasan keadaan kelompok sebelum diberi perlakuan”. Adapun bentuk desain eksperimen ini adalah:

O₁ O₂ O₃ O₄ X O₅ O₆ O₇ O₈

Keterangan:

O₁ O₂ O₃ O₄ : Hasil *Pretest*, adalah hasil yang menunjukkan dari pengujian emisi pada kondisi standar (CR 9:1).

O₄ O₅ O₆ O₇ : Hasil *Perlakuan*, adalah hasil yang menunjukkan penguokan emisi pada kondisi eksperimen (CR 10,2:1).

3.2 Objek Penelitian

Menurut Suharsimi (2006:101) “Objek penelitian adalah sasaran atau objek yang dijadikan pokok pembicaraan dalam penelitian”. Adapun yang menjadi objek penelitian dalam penelitian ini adalah peningkatan perbandingan kompresi kendaraan sepeda motor Honda Blade 110 CC. Adapun subjek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Honda Blade 110 cc tahun

2009, Spesifikasinya dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Type engine	4 Stroke, SOHC
2	Cylinder	1
3	Displacement	109,1
4	Bore x Stroke (mm)	50 x 55,6
5	Compression Ratio	9 : 1
6	Max. Power (Hp/Rpm)	8,34/7500
7	Max. Toque (Nm/Rpm)	8,44/5500
9	Fuel Type	Regular Gasoline (Premium)

Sumber: spesifikasi.dapurpacu.com

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam pelaksanaan eksperimen ini adalah sebagai berikut:

3.1 Pengukuran Perbandingan Kompresi

3.1.1 Mengukur volume kompresi dengan buret, didapat hasil pengukuran dalam kondisi standar yakni; 13,6 ml.

3.1.2 Menghitung perbandingan kompresi dengan menggunakan rumus.

$$CR = \frac{V_l + V_k}{V_k}$$

Volume Silinder (VS)

Diketahui:

$$\text{Stroke (S)} = 55,6 \text{ mm.}$$

$$\text{Bore (B)} = 50,0 \text{ mm.}$$

$$R = 25 \text{ mm.}$$

$$V_s = \pi r^2 \times S$$

$$V_s = 3,14 \times 25^2 \times 55,6$$

$$V_s = 3,14 \times 625 \times 55,6$$

$$V_s = 109115 \text{ mm}^3$$

$$V_s = 109,115 \text{ cm}^3$$

Volume Kompresi (Vk)

$$CR = \frac{V_l + V_k}{V_k}$$

$$CR = \frac{109,115 + 13,6}{13,6}$$

$$CR = \frac{122,175}{13,6} = 9,023 \text{ cm}^3$$

3.1.3 Mengurangi/Memotong permukaan kepala silinder dengan menggunakan *surface grinder* sebesar 1 mm.

3.1.4 Mengukur kembali volume kompresi, dan didapat hasil yakni; 11,8 ml.

3.1.5 Menghitung perbandingan kompresi

$$CR = \frac{V_l + V_k}{V_k}$$

$$CR = \frac{109,115 + 11,8}{11,8}$$

$$CR = \frac{120,915}{11,8} = 10,247 \text{ cm}^3$$

$$CR = 10,247 : 1$$

$$CR = 10,2 : 1$$

3.2 Persiapan sebelum pengujian

Sebelum eksperimen dan pengumpulan data dilakukan, kendaraan yang menjadi subjek penelitian harus dalam kondisi normal/standar (sesuai dengan spesifikasi). Dalam hal ini yang disesuaikan dengan spesifikasi mesin yakni; (1) Celah Katup; (2) Busi; (3) Filter Udara; (4) Oli Mesin (5) Sistem bahan bakar.

3.3 Pengujian emisi dengan perbandingan kompresi 9 : 1

3.3.1 Mempersiapkan sepeda motor empat langkah yang menjadi subjek penelitian.

3.3.2 Menjalankan mesin sampai temperatur kerja mesin tercapai.

3.3.3 Mengatur putaran mesin dengan RPM Tester.

3.3.4 Mengkalibrasi Four gas analyser.

3.3.5 Melakukan pengukuran emisi gas buang diberbagai putaran, yakni, putaran 800, 1400, 1900 dan 2100 rpm.

3.3.6 Melakukan pengukuran sebanyak 4 kali, hal ini dilakukan untuk mendapatkan data secara rata-rata

3.4 Pengujian emisi dengan Perbandingan Kompresi 10,2 : 1

3.4.1 Mempersiapkan sepeda motor empat langkah yang menjadi subjek penelitian.

3.4.2 Menjalankan mesin sampai temperatur kerja mesin tercapai.

3.4.3 Mengatur putaran mesin dengan RPM Tester.

3.4.4 Mengkalibrasi Four gas analyser.

3.4.5 Melakukan pengukuran emisi gas buang diberbagai putaran, yakni, putaran 800, 1400, 1900 dan 2100 rpm.

3.5 Melakukan pengukuran sebanyak 4 kali, hal ini dilakukan untuk mendapatkan data secara rata-rata.

3.4 Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari proses pengukuran dalam pengujian tersebut, kemudian dianalisis untuk memperoleh hasil seberapa besar perubahan yang ditunjukkan dari peningkatan perbandingan kompresi pada sepeda motor tersebut. Kemudian hasil yang

berupa angka tersebut dianalisis dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

3.4.1 Menghitung nilai rata-rata dengan rumus statistik Mean.

$$M = \frac{\sum x}{n} \quad (\text{Moh. Nazir, 2009:283})$$

Keterangan:

M = Mean (rata-rata)

$\sum x$ = Jumlah data

n = Banyak Spesimen

3.4.2 Kemudian setelah didapat rata-ratanya, data diatas dianalisa dengan menggunakan teknik statistik deskriptif dengan perhitungan persentase.

$$\text{Rumus } P = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Angka persentase yang ingin didapatkan

n = Rata-rata emisi gas buang pada perbandingan kompresi normal.

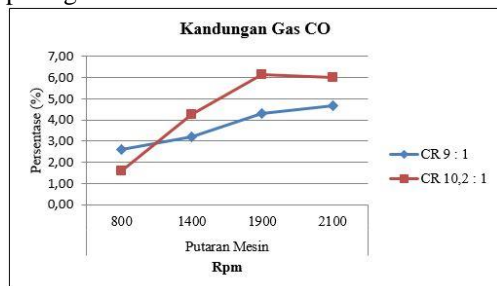
N = Rata-rata emisi gas buang pada perbandingan kompresi yang ditingkatkan.

3.4.3 Setelah diperoleh persentase rata-rata dari setiap pengujian, maka data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik untuk menggambarkan seberapa besar pengaruh peningkatan perbandingan kompresi terhadap emisi gas buang.

4. Hasil dan pembahasan

4.1 Analisis Kandungan Gas CO

Adapun hasil dari penelitian yang telah dilakukan, kandungan gas CO dapat dilihat pada grafik berikut:



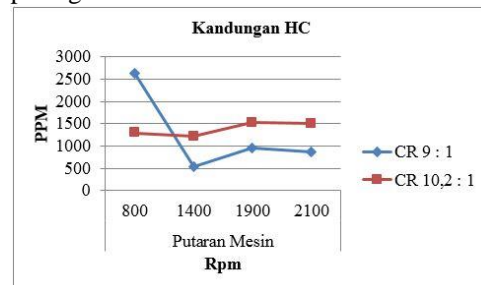
Gambar 1. Grafik Kandungan Emisi Gas Buang CO

Berdasarkan grafik di atas, bahwa konsentrasi gas CO pada 800 rpm dengan CR 10,2:1 yakni 1,58%, lebih rendah dari CR 9:1, hal ini terjadi karena dengan adanya peningkatan perbandingan kompresi, tekanan dan suhu pada silinder menjadi meningkat. Namun pada

kondisi ini putaran mesin saat idle memungkinkan atom oksigen cukup untuk mengikat atom karbon, sehingga konsentrasi CO menjadi berkurang. Sedangkan konsentrasi CO dihasilkan tertinggi adalah pada putaran 1900 rpm dengan CR 10,2:1, sedangkan pada CR 9:1 kandungan gas CO dihasilkan tertinggi pada putaran 2100 rpm. Analisa teori yang terjadi pada mesin dapat diuraikan bahwa perbandingan kompresi menghasilkan tekanan yang tinggi, untuk membakar campuran bahan bakar dan udara dibutuhkan kualitas bahan bakar yang sesuai dengan perbandingan kompresi, Aktualnya, pengaruh peningkatan perbandingan kompresi menjadikan tekanan dan temperatur dalam silinder juga mengalami peningkatan, sehingga mempengaruhi konsentrasi CO dalam proses pembakaran. Hal ini terjadi karena adanya disosiasi molekul CO₂ menjadi CO dan O₂ yang disebabkan oleh adanya temperatur tinggi. Sehingga reaksi pada kondisi ini menjadi tidak lengkap dan jauh dari komposisi kesetimbangan kimia.

4.2 Analisis Kandungan Gas HC

Adapun hasil dari penelitian yang telah dilakukan, kandungan gas HC dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Kandungan Emisi Gas Buang HC

Adapun penjelasan diatas, dapat dianalisis bahwa dengan peningkatan perbandingan kompresi dari 9:1 menjadi 10,2:1 dapat meningkatkan konsentrasi HC, hal ini sesuai yang diutarakan oleh pendapat Eran (1998:200) *The major engine variables affecting UHC in an SI engine are equivalence ratio, compression ratio, engine speed, and spark timing. ... A high compression ratio increases unburned hydrocarbons because, with the smaller combustion space at TDC, the crevice regions, being of roughly constant volume for given engine conditions, make up a larger proportion of the total volume.*

Pernyataan di atas menjelaskan bahwa variabel yang mempengaruhi UHC pada SI Engine adalah perbandingan campuran, perbandingan kompresi, kecepatan mesin, dan waktu pengapian. Kemudian, perbandingan kompresi yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi HC, karena bentuk ruang bakar yang kecil saat TMA, akan meningkatkan tekanan lebih besar dari total volume mesin. Selain itu, kualitas bahan bakar yang memiliki oktan rendah juga mempengaruhi pembakaran dan dapat menimbulkan kenaikan konsentrasi hidrokarbon, hal ini seperti yang dijelaskan oleh: Roger (1995:82) “Engines incorporating these designs have compression ratios up to 10:1, while still allowing the use of regular 87 octane gasoline. High compression ratios also can increase hydrocarbon emissions from the engines”.

Maksud dari pernyataan tersebut adalah mesin dengan desain perbandingan kompresi hingga 10:1, tetapi masih menggunakan bahan bakar dengan oktan 87 dapat meningkatkan emisi hidrokarbon dari mesin

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil simpulan yakni; peningkatan perbandingan kompresi pada Honda Blade 110 cc tahun 2009 dari CR 9:1 menjadi CR 10,2:1 mempengaruhi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Yakni; (1) Konsentrasi kadar CO meningkat menjadi 16,35 % dari kondisi standar perbandingan kompresi CR 9:1. Hal ini terjadi karena peningkatan perbandingan kompresi menjadi CR 10,2:1 dapat meningkatkan tekanan dan temperatur dalam silinder yang pada aktualnya peningkatan tersebut mengakibatkan disosiasi molekul CO₂ menjadi CO dan O₂. Proses ini terjadi saat temperatur tinggi, sehingga proses reaksi kimia pembakaran pada kondisi ini jauh dari kesetimbangan/tidak lengkap; (2) Konsentrasi kadar HC meningkat menjadi 52,74% dari kondisi perbandingan kompresi standar CR 9:1.

Hal ini terjadi karena peningkatan perbandingan kompresi menjadi CR 10,2:1 akan meningkatkan tekanan lebih besar dari total volume mesin, sehingga proses pembakaran menjadi kurang sempurna. Selain itu, penggunaan oktan bahan bakar yang rendah yakni RON 88 menjadikan hidrokarbon tidak terbakar lengkap.

5.2 Saran

Berdasarkan simpulan diatas, maka dapat direkomendasikan bahwa peningkatan perbandingan kompresi tidak dianjurkan karena menimbulkan peningkatan konsentrasi karbon monoksida dan hidrokarbon. Sehingga polutan yang dihasilkan dapat berdampak negatif pada lingkungan dan masyarakat nantinya. Kemudian, pada dasarnya penelitian ini masih memiliki beberapa kelemahan, untuk itu ada beberapa hal yang dapat peneliti rekomendasikan agar penelitian selanjutnya lebih sempurna, yakni ; (1) Karena keterbatasan alat pengujian, penelitian selanjutnya diharapkan dengan adanya peningkatan perbandingan kompresi dapat mengukur torsi kendaraan tersebut; (2) Proses penelitian diharapkan mempertimbangkan keausan komponen seperti piston dan silinder, karena kebocoran kompresi mempengaruhi pengukuran kandungan emisi gas buang yang dihasilkan; (3) Penggunaan bahan bakar pada kendaraan diharapkan menggunakan lebih dari satu jenis bahan bakar dengan angka oktan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Sudibyo. (2009). “Hubungan perubahan temperatur air pendingin terhadap debit penyemprotan bahan bakar injeksi dan emisi gas buang.” *Laporan Penelitian*. Universitas Gajayana Malang
- Ganesan, V. (2004). *Internal Combustion Engine*. Singapore: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Hasan, M., Raffles., & Wawan, P. (2012). *Teknologi Motor bakar*. Padang :UNP Press.
- Herdman, Roger C. (1995). *Advanced Automotif Technology*. U.S: OTA.
- Muliartha. (2014). Memilih Bensin Yang Sesuai (online) dalam http://www.oto.co.id/infoautomotif/Tips_detail.asp?ContentID=OTO2307052004730-658662. Diakses tanggal 15 Juni 2014.
- Pulkrabek, Willard, W. (2003). *Engginering Fundamental Of The Internal Combustion Engine*. USA: Pearson-Prentice Hall.
- Saft7. (2014). Isi bensin apa ya? (online) dalam <http://www.saft7.com/isi-bensin-apa-ya/>. Diakses tanggal 15 Juni 2014.

- Sher, Eran. (1998). *Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engine*. USA: Academic Press Limited.
- Srikandi, Fardiaz. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Stones, Richard,. And Ball, Jeffrey K. (2004). *Automotive Engineering Fundamental*. USA: SAE Permissions.