

PENGARUH METALLIC CATALYTIC CONVERTER TEMBAGA BERLAPIS KROM DAN AIR INDUCTION SYSTEM (AIS) TERHADAP REDUKSI EMISI GAS BUANG YAMAHA NEW JUPITER MX

Muchamad Sudjada Cholilulloh

S1 Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

e-mail: sudjadacm@yahoo.com

Warju

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

e-mail: warju_mesin@yahoo.com

Abstrak

Mesin bensin dalam proses kerjanya dapat menghasilkan berbagai polutan seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NO_x), dan timbal (Pb). Salah satu cara untuk mengurangi emisi gas buang adalah dengan pemasangan *catalytic converter* pada saluran pembuangan gas (knalpot) kendaraan bermotor. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektifitas *metallic catalytic converter* tembaga berlapis krom (CuCr) dan teknologi *air induction system* (AIS) sebagai bahan katalis untuk mereduksi emisi gas buang sepeda motor. Objek penelitian adalah sepeda motor Yamaha New Jupiter MX tahun 2011. Penelitian ini dilakukan di Lab. Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Sampel pada penelitian ini ada lima, yaitu knalpot standar dengan AIS, knalpot standar tanpa AIS, sampel 1 (katalis CuCr 3mm+AIS), sampel 2 (katalis CuCr 5mm+AIS), dan sampel 3 (katalis CuCr 7mm+AIS). Standar pengujian emisi gas buang berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Instrumen penelitian yang digunakan adalah *inertia chasis dynamometer*, *rpm counter*, *thermocouple*, *thermometer*, *manometer*, *stopwatch*, *sound level meter*, dan *exhaust gas analyzer*. Analisis data menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa reduksi emisi CO dengan katalis CuCr tinggi lekukan 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan AIS rata-rata sebesar 58,19%, 55,11%, dan 46,33%. Peningkatan gas buang O₂ dengan katalis CuCr tinggi lekukan 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan AIS rata-rata sebesar 59,15%, 45,32%, dan 24,80%. Peningkatan emisi CO₂ dengan katalis CuCr tinggi lekukan 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan AIS rata-rata sebesar 15,83%, 11,04%, dan 7,31%. Sedangkan reduksi emisi HC dengan katalis CuCr tinggi lekukan 3 mm, 5 mm, 7 mm, dan AIS rata-rata sebesar 36,49%, 23,46%, dan 11,36%.

Kata kunci: *Metallic catalytic converter*, CuCr, emisi gas buang, dan motor empat langkah

Abstract

Gasoline engine in the working process can produce a variety of pollutants such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO_x), and lead (Pb). One way to reduce emissions is by installing a catalytic converter in the exhaust duct (exhaust) motor vehicle. The purpose of this study was to determine the effectiveness of metallic catalytic converter chrome-plated copper (CuCr) and air induction system technology (AIS) as a catalyst to reduce exhaust emissions motorcycle. The object of research is the motorcycle Yamaha New Jupiter MX 2011. This experiment was conducted in the Engine Performance Test Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Surabaya. Samples are five, which is the standard exhaust with AIS, the standard exhaust without AIS, sample 1 (catalyst CuCr 3mm + AIS), sample 2 (catalyst CuCr 5mm + AIS), and sample 3 (catalyst CuCr 7mm + AIS). Exhaust emissions testing standards based on ISO 19-7118.3-2005. The research instrument used was a chassis dynamometer inertia, rpm counter, thermocouples, thermometers, manometers, stopwatch, sound level meter, and exhaust gas analyzer. Data analysis using quantitative descriptive method. The results showed that the reduction of emissions of CO with high catalyst grooves 3mm, 5mm and 7mm can reduce CO emissions by an average of 58,19%, 55,11% and 46,33%. Increased exhaust gas O₂ with high catalyst grooves 3mm, 5mm and 7mm can increase exhaust gas O₂ average of 59,15%, 45,32% and 24,80%. The increase in CO₂ emissions with high catalyst grooves 3mm, 5mm and 7mm can increase CO₂ emissions by an average of 15,83%, 11,04% and 7,31%. While the HC emission reduction with high catalyst grooves 3mm, 5mm and 7mm can reduce HC emissions by 36,49%, 23,46% and 11,36%.

Keywords: *Metallic catalytic converter, CuCr, exhaust gas emissions, and four stroke engine*

PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor di Indonesia saat ini terus meningkat setiap tahunnya. Di sisi lain, asap gas buang yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor tersebut telah menyumbang 70–80% dari total polusi, sedangkan pencemaran udara yang disebabkan oleh asap pabrik hanya menyumbang sekitar 20 – 30% saja. Kondisi ini diperburuk dengan angka pertumbuhan jalan yang tidak sebanding dengan pertumbuhan kendaraan bermotor yang hanya 2% per tahun. Dampaknya akan semakin memperburuk kondisi udara di perkotaan. Meningkatnya penjualan sepeda motor pada tahun 2011 terlihat dari data AISI (Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia). Honda 4.276.138 unit, Yamaha 3.147.875 unit, Suzuki 494.481 unit, Kawasaki 100.673 unit, TVS 25.990 unit, Kanzen 382 unit.

Dari data AISI dan data distribusi kendaraan dapat disimpulkan bahwa populasi sepeda motor semakin meningkat setiap tahunnya. Dampak yang ditimbulkan oleh banyaknya pengguna kendaraan bermotor yaitu tingginya konsentrasi emisi gas buang yang sangat berpengaruh bagi kesehatan.

Menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2006 mengenai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe lama, untuk tahun pembuatan di bawah 2010, besarnya emisi gas buang sepeda motor 2 langkah CO 4,5% dan HC 12000 ppm, CO 5,5% dan HC 2400 ppm untuk sepeda motor 4 langkah pada putaran *idle*. Untuk tahun pembuatan di atas 2010, besarnya emisi gas buang sepeda motor 2 langkah dan 4 langkah CO 4,5% dan HC 2000 ppm pada putaran *idle*. Hingga saat ini pengecekan dan pemantauan emisi gas buang yang diwajibkan hanya angkutan umum dan angkutan barang saja, padahal populasi sepeda motor lebih banyak daripada angkutan umum dan angkutan barang.

Usaha yang dapat dilakukan untuk menanggulangi polusi udara, yaitu: (1) Modifikasi mesin, komponen dan bahan bakar yang bertujuan mengurangi kadar polusi dari sumber penyebab ke tahun yang akan datang, (2) Rancangan komponen terbaru yang digunakan untuk mengurangi emisi penguapan dari bahan bakar, (3) Desain baru pada saluran pembuangan untuk mengurangi kadar emisi gas buang, (4) Peningkatan pemurnian bahan bakar untuk mengurangi emisi, (5) Desain baru sosiologi sebagai setengah bagian dari analisa teknik, (6) Desain dan penelitian untuk mengembangkan tipe-tipe baru dari penggerak utama untuk menggantikan pembakaran pada mesin (Obert, 1973:373).

Teknologi otomotif yang berkembang saat ini adalah menginjeksikan udara segar disalurkan buang. Honda menggunakan SASS (*Secondary Air Supply System*), Yamaha menggunakan AIS (*Air Induction System*), Suzuki menggunakan PAIR (*Pulsed Air Secondary System*), dan Kawasaki menggunakan HSAS (*High Performance Secondary Air System*).

Salah satu cara yang digunakan untuk mereduksi emisi gas buang adalah memasang pipa injeksi udara (*air injection*) ke dalam saluran buang dan penggunaan *catalytic converter* pada pipa gas buang kendaraan bermotor (Obert, 1973:378-381).

Menurut Obert (1973:381), *catalytic converter* adalah suatu alat yang digunakan untuk mereduksi emisi CO dan HC menggunakan katalis oksidasi, serta NO dengan katalis reduksi. Beberapa faktor yang mempengaruhi seperti waktu, temperatur, homogenitas dan komposisi gas buang telah dimodifikasi dengan variabel baru, yaitu dengan material katalis.

Material katalis yang sering digunakan sebagai bahan katalis diantaranya adalah logam transisi seperti tembaga, mangan, vanadium, kobalt, nikel, khrom, dan besi. Selain mudah didapatkan, material katalis tersebut memiliki harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan logam mulia, seperti platinum, plutonium dan palladium.

Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang *catalytic converter*. Penelitian yang dilakukan Dwyer menggunakan katalis $\text{CuO}+\text{Cr}_2\text{O}_3$ mampu mengurangi emisi gas buang CO, HC dan NO_x sebesar 16-80%. Kemudian penelitian yang dilakukan Herwijnen menggunakan CuO dapat mereduksi emisi CO sebesar 90%. Penelitian Astika menggunakan katalis Cu dapat mengurangi kadar emisi gas buang CO 22,34%, HC dan NO_x 45,16%. Pada tahun 2003 penelitian yang dilakukan oleh Warju menggunakan katalis $(\text{Cu}+\text{Zn})+\text{Cr}$ mampu mengurangi kadar emisi gas buang CO 88,41% dan HC 39,84%. Kemudian Aris menggunakan katalis Cu reduksi emisi gas buang CO sebesar 28,47% dan HC 53,64%. Penelitian pada tahun 2012 yang dilakukan oleh Ridho menggunakan katalis $\text{Cu}+\text{SASS}$ mampu mengurangi kadar emisi gas buang CO 83% dan HC 88,97%.

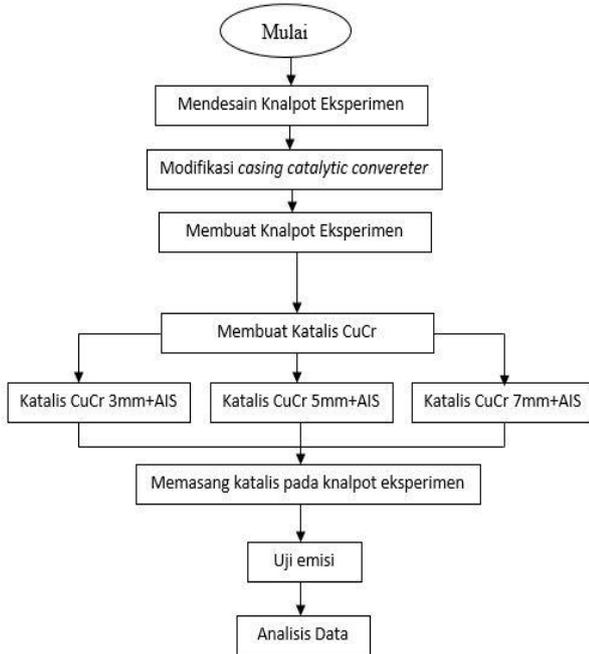
Oleh karena itu, pada penelitian ini akan menggunakan bahan katalis tembaga berlapis krom (CuCr) yang dikombinasikan dengan teknologi *air induction system* (AIS). Tembaga yang berbentuk plat awalnya dipotong menjadi beberapa bagian dahulu. Setelah itu dilakukan proses menekuk plat menjadi tinggi lekukan 3mm, 5mm dan 7mm. setelah plat tembaga tersebut ditekuk kemudian dilapisi cairan krom. Dan *metallic catalytic converter* tersebut siap digunakan sebagai bahan katalis.

Rumusan permasalahan antara lain: bagaimana pengaruh *metallic catalytic converter* CuCr + AIS terhadap emisi gas buang (CO, HC, CO_2 dan O_2) sepeda motor empat langkah.

Tujuan dari penelitian ini adalah: untuk mengetahui pengaruh *metallic catalytic converter* CuCr + AIS terhadap emisi gas buang (CO, HC, CO_2 dan O_2) sepeda motor empat langkah.

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah: untuk mereduksi emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor empat langkah.

METODE Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Objek Penelitian

Dalam penelitian ini, objek yang digunakan adalah Yamaha New Jupiter MX tahun 2011 dengan spesifikasi kendaraan sebagai berikut:

- Tipe Mesin : 4 langkah SOHC 4 valve
- Diameter x langkah : 54,0 mm x 58,7 mm
- Volume silinder : 134, 4 cc
- Daya maksimum : 12,34 HP/8500 rpm
- Torsi maksimum : 12,14 Nm/6000 rpm

Instrumen Penelitian

a. Exhaust gas analyzer

Exhaust gas analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang dari mesin. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Merk : BrainBee
- Type : AGS-688
- No Seri : 081008000055
- Tahun Pembuatan : 2008
- Pembuat : Italia
- Waktu Pemanasan : 10 menit
- Aliran Gas : 4 Liter/menit

b. Inertia Chasis Dynamometer

Chassis dynamometer merupakan alat untuk mengukur torsi mesin. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Nama : Rextor Pro-dyno.
- Tegangan : 220V 50/60 Hz.

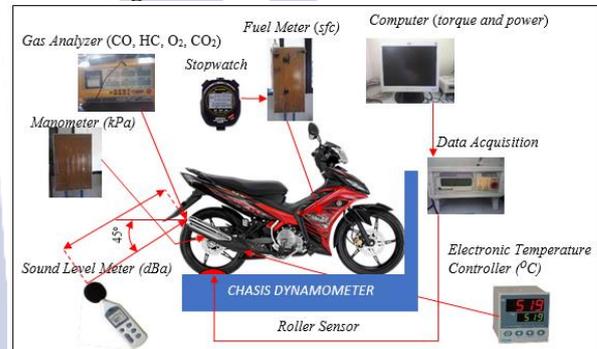
- Kemampuan : 15 KHz.
- Tipe sensor : Digital Pick-Up.
- Tipe input : Logical level
- Produksi : PT. Rextor Technology Indonesia.

c. Electronic temperature controller

Digunakan untuk mengukur suhu gas buang yang keluar dari knalpot. Dengan spesifikasi sebagai berikut ini.

- Tipe : TEH-C900
- Range temperatur : K 0-1000°C
- Tegangan : AC/100-240

Skema Pengambilan Data



Gambar 2. Skema Pengambilan Data

Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data telah dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Performa Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut.

a. Persiapan pengujian emisi gas buang

- Melakukan *tune-up* kendaraan sebelum diuji.
- Melakukan inspeksi pada semua saluran knalpot, dan pastikan tidak ada kebocoran.
- Meletakkan sepeda motor di atas *chassis dynamometer*.
- Mengikat sepeda motor dengan tali pengikat pada *chassis dynamometer* dan pasang pipa tambahan pada ujung *muffler*.
- Menggunakan isolasi kertas pada sambungan pipa dengan *muffler* dan pastikan sambungan pipa tambahan dengan *muffler* tidak terjadi kebocoran.
- Melakukankalibrasi pada *exhaust gas analyzer*.
- Memposisikan kendaraan pada kondisi transmisi netral.
- Harus pada temperatur kerja $\pm 60^\circ$.
- Selanjutnya, pasang sensor putaran mesin (rpm) dan sensor temperatur oli.

- Kemudian buka *software inersia chasis dynamometer* pada CPU.

b. Pengujian emisi gas buang

- Mesin dihidupkan dan pastikan temperatur mesin 60°-70° C.
- Memposisikan transmisi pada kondisi netral serta putaran *idle* 1500 rpm.
- Kemudian masukkan gas *probe* ke pipa gas buang sedalam ± 30 cm.
- Menunggu ± 20 detik sehingga data konsentrasi gas buang CO, CO₂, NO_x, HC, dan lambda stabil.
- Mencetak atau *print* data hasil pengujian.
- Memasukkan transmisi pada posisi *top gear*.
- Melakukan akselerasi hingga mencapai 2000 rpm dan *print* hasil uji emisi gas buang pada putaran tersebut.
- Melakukan pengukuran emisi gas buang pada putaran *idle* sampai putaran maksimum (dengan *range* putaran 500 rpm).
- Kemudian posisikan kembali putaran mesin dalam keadaan *idle*.
- Memposisikan transmisi pada posisi netral.
- Langkah 1-10 tersebut dilakukan pada kelompok eksperimen dan kelompok standar.
- Pengujian dan pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing kondisi.

Metode Pengujian

Untuk mendapatkan data yang valid, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan metode pengujian berdasarkan SNI 19-7118.3-2005. Metode pengujian emisi gas buang pada mesin bensin dilakukan pada kondisi *idle*. Tetapi pada penelitian ini dilakukan pengujian dari putaran *idle* sampai putaran maksimum. Metode ini termasuk dalam pengujian kecepatan berubah (*variable speed*) dengan beban sebagian (*part-load*), karena pengujian ini dilakukan dengan kondisi sebagian beban jalan (Warju, 2009:100).

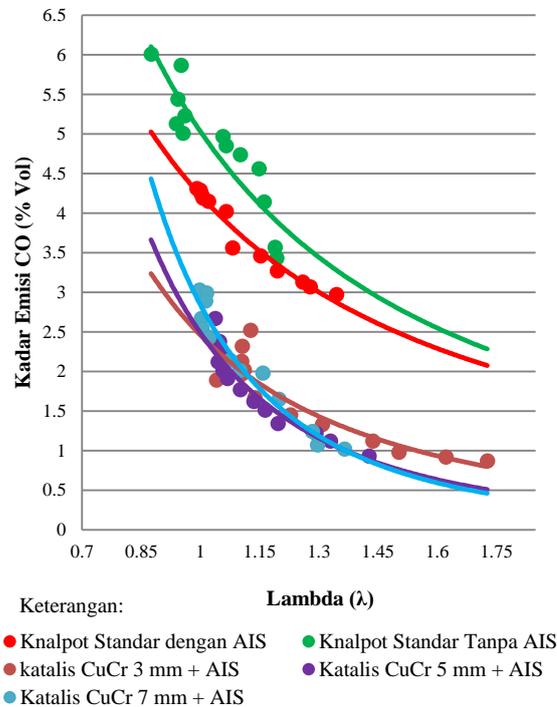
Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Dengan penerapan metode yang seperti ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang perubahan setelah dilakukannya penelitian ini. Semua data akan dikumpulkan dalam tabel kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian emisi gas buang menggunakan *catalytic converter* CuCr+ AIS pada sepeda motor Yamaha *New Jupiter MX* akan dibuat dalam bentuk grafik.

**Analisis Data Gas Buang
Konsentrasi Emisi CO (Karbon Monoksida)**

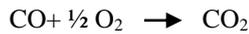


Gambar 3. Grafik Emisi CO terhadap lambda

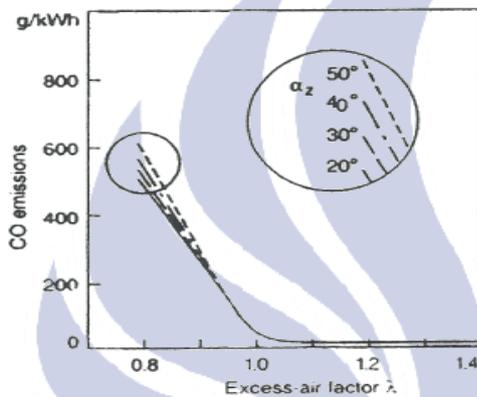
Pada gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa pada putaran *idle* dengan lambda 0,967, Yamaha *New Jupiter MX* standar dengan AIS konsentrasi emisi CO yang terukur pada *exhaust gas analyzer* sebesar 4,47% vol, apabila knalpot standar tanpa menggunakan AIS maka pada lambda 0,862 konsentrasi emisi CO sebesar 8,23% vol, hal ini dikarenakan kurangnya pasokan oksigen (O₂) yang menuju ke saluran pembuangan ketika AIS tersebut di non aktifkan. Ketika pada putaran *idle* dengan menggunakan *catalytic converter* tembaga berlapis krom dengan variasi tinggi lekukan 3 mm, 5 mm, 7 mm dan AIS kadar emisi CO masing-masing adalah 2,98% vol, 3,324% vol, dan 3,56% vol. Jadi, pada kondisi putaran *idle*, *catalytic converter* tembaga berlapis krom dan dengan variasi tinggi lekukan katalis 3 mm, 5 mm, 7 mm dan AIS mampu mereduksi emisi CO masing-masing sebesar 33,33%, 27,74%, dan 20,36%. Reduksi emisi CO knalpot eksperimen dengan AIS cenderung sangat tinggi. Hal ini dikarenakan adanya tambahan udara segar (O₂) dari AIS sehingga mampu mengoksidasi CO menjadi CO₂. Sementara itu, *catalytic converter* CuCr tersebut akan mempercepat proses oksidasi tersebut.

Reaksi pada *catalytic converter* dimulai dengan penyerapan (*absorption*) komponen polutan dari gas buang dan oksigen di permukaan katalis. Proses penyerapan berakibat pada melemahnya ikatan antara atom-atom yang kurang stabil yang menyebabkan atom-atom ini mudah bereaksi dengan atom-atom lain.

Katalis akan menurunkan energi aktivasi sehingga oksidasi $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ menjadi CO_2 akan lebih cepat tercapai pada suhu ($300,2^\circ\text{C} - 525,2^\circ\text{C}$). Sementara itu, oksidasi $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$ menjadi CO_2 pada fase tanpa katalis akan terjadi pada suhu 700°C . Reaksi yang terdapat pada *catalytic converter* adalah sebagai berikut:



Berdasarkan proses diatas diketahui bahwa untuk dapat menjadi molekul CO_2 maka prosesnya molekul C dan O menabrak permukaan katalis dan ditahan pada permukaan. Kemudian partikel yang berdekatan mendapat tambahan molekul dari O_2 . Sehingga partikel itu bergabung dan membentuk molekul baru yaitu CO_2 .



Gambar 4. Grafik hubungan CO dengan AFR
Sumber: Robert Bosch GmbH (1999:12)

Melihat gambar di atas bahwa pada saat campuran miskin (kelebihan udara) konsentrasi CO berbanding lurus dengan campuran bahan bakar dan udara. Konsentrasi CO akan turun karena oksigen yang berasal dari udara cukup untuk memenuhi reaksi dengan karbon membentuk CO_2 .

Menurut Swisscontact dalam Warju (2009:113-114), karbon monoksida (CO) mempunyai sifat gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, tidak mudah larut dalam air, perbandingan berat terhadap udara ($1 \text{ atm } ^\circ\text{C}$ adalah 0,976).

Hasil di atas jika dihubungkan dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe lama untuk kendaraan bermotor tipe L dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

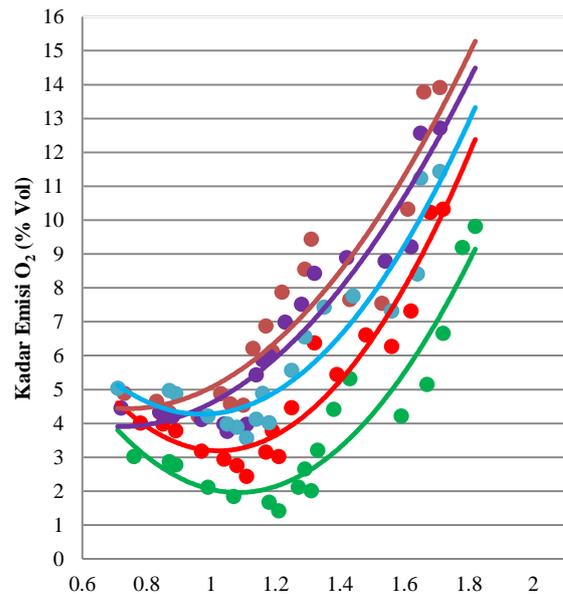
Tabel 1. Perbandingan Hasil Uji Emisi Gas Buang Knalpot Eksperimen Terhadap Peraturan Pemerintah

Knalpot	Hasil	Ambang Batas	Lulus/Tidak Lulus
Standar dengan AIS	4,47% Vol	4,5% Vol	Lulus
Standar Tanpa AIS	8,23% Vol	4,5% Vol	Tidak lulus

Knalpot	Hasil	Ambang Batas	Lulus/Tidak Lulus
CuCr 3 mm +AIS	2,98% Vol	4,5% Vol	Lulus
CuCr 5 mm +AIS	3,23% Vol	4,5% Vol	Lulus
CuCr 7 mm +AIS	3,56% Vol	4,5% Vol	Lulus

Jadi dapat disimpulkan bahwa emisi CO yang terukur pada knalpot standar dengan AIS dan knalpot eksperimen CuCr 3 mm+ AIS, CuCr 5 mm+ AIS, CuCr 7 mm+ AIS, semuanya lulus uji emisi gas buang. Kecuali, knalpot standar tanpa AIS tidak lulus uji emisi hal ini dikarenakan kurangnya oksigen (O_2) pada knalpot standar tanpa AIS.

Konsentrasi gas buang CO sangat erat kaitannya dengan emisi O_2 , apabila emisi CO tinggi maka konsentrasi gas buang O_2 tersebut rendah. Peningkatan gas buang O_2 Hal ini dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini.



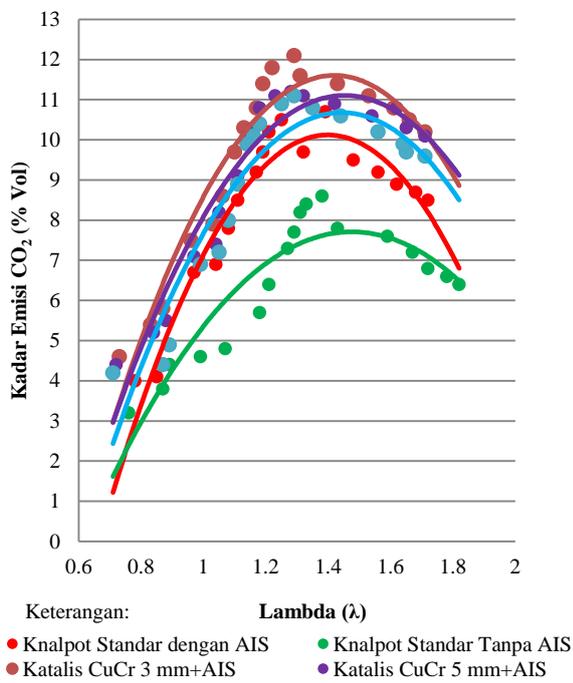
- Keterangan:
- Knalpot Standar
 - Knalpot Standar Tanpa AIS
 - Katalis CuCr 3 mm + AIS
 - Katalis CuCr 5 mm + AIS
 - Katalis CuCr 7 mm + AIS

Gambar 5. Grafik gas buang O_2 terhadap lambda

Konsentrasi gas buang O_2 sangat erat kaitannya dengan emisi CO, apabila emisi CO tinggi maka konsentrasi gas buang O_2 tersebut rendah. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5 diatas, bahwa pada lambda ($\lambda < 1$), mengindikasikan campuran yang kelebihan bahan bakar. Sehingga pada proses pembakaran menghasilkan emisi O_2 yang lebih sedikit. Untuk knalpot standar dengan AIS pada lambda 0,967 kadar

emisi O₂ sebesar 4,01% vol. Sedangkan untuk knalpot standar tanpa AIS pada lambda 0,862 kadar emisi O₂ sebesar 3,02% vol. Sedangkan pada knalpot eksperimen CuCr 3mm + AIS pada lambda 0,999 konsentrasi O₂ sebesar 4,88% vol, pada knalpot eksperimen CuCr 5mm + AIS pada lambda 0,984 konsentrasi O₂ sebesar 4,45% vol, pada knalpot eksperimen CuCr 7mm + AIS pada lambda 0,973 konsentrasi O₂ sebesar 5,03% vol. Dengan demikian dapat diketahui bahwa jika dibandingkan dengan knalpot standar dengan AIS, knalpot eksperimen lebih banyak menghasilkan konsentrasi O₂.

Konsentrasi Emisi CO₂



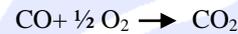
Gambar 6. Grafik Emisi CO₂ terhadap lambda

Pada gambar 6 di atas, apabila menggunakan knalpot standar dengan AIS pada putaran *idle* dengan lambda 0,967 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 4% vol, jika menggunakan knalpot standar tanpa AIS, maka pada putaran *idle* dengan lambda 0,862 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 3,2% vol. Perbedaan konsentrasi emisi CO₂ tersebut disebabkan karena kekurangan oksigen (O₂) pada saluran buang pada knalpot standar tanpa AIS, sehingga pembakaran menghasilkan emisi CO₂ yang lebih sedikit. Sementara itu, ketika menggunakan *catalytic converter* tembaga berlapis krom + AIS pada knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 3mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,999 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 4,6% vol. Knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 5 mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,984 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 4,4% vol. Sedangkan

knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 7 mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,973 emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 4,2% vol. Jadi, pada kondisi putaran *idle*, *catalytic converter* tembaga berlapis krom + AIS dan dengan variasi tinggi lekukan katalis 3 mm, 5 mm, dan 7 mm menghasilkan kadar emisi CO₂ masing-masing sebesar 15,01%, 10,06%, dan 5,01%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa peningkatan kadar emisi CO₂ pada knalpot eksperimen cenderung lebih tinggi dari pada knalpot standar dengan AIS. Hal ini dikarenakan adanya *catalytic converter* CuCr yang berfungsi mempercepat proses oksidasi di dalam knalpot.

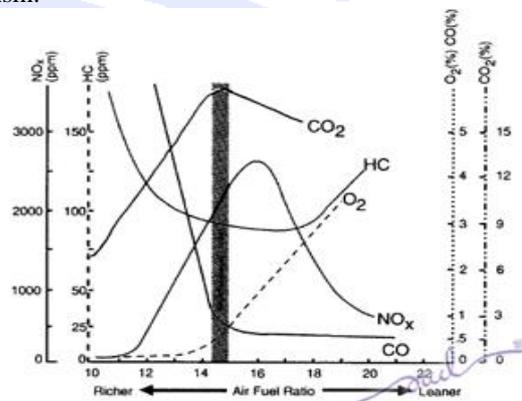
Hasil reaksi pada *catalytic converter* dimulai dengan proses penyerapan (*absorption*) komponen polutan dari gas buang dan oksigen di permukaan katalis. Proses penyerapan berakibat pada melemahnya ikatan antara atom-atom yang kurang stabil yang menyebabkan atom-atom ini mudah bereaksi dengan atom-atom lain. Katalis akan menurunkan energi aktivasi sehingga oksidasi CO + 1/2 O₂ menjadi CO₂ akan lebih cepat tercapai pada suhu (300,2°C – 525,2°C). Sementara itu, oksidasi CO + 1/2 O₂ menjadi CO₂ pada fase tanpa katalis akan terjadi pada suhu 700°C.

Reaksi yang terdapat pada *catalytic converter* adalah sebagai berikut:



Berdasarkan proses di atas diketahui bahwa untuk dapat menjadi molekul CO₂ maka prosesnya molekul C dan O menabrak permukaan katalis dan ditahan pada permukaan. Kemudian partikel yang berdekatan mendapat tambahan molekul O dari O₂. Sehingga partikel itu berdekatan dan bergabung untuk membentuk molekul baru yaitu CO₂.

Pada gambar di bawah ini dapat dilihat grafik emisi gas buang CO, HC, O₂, CO₂, dan NO_x terhadap perbandingan udara dan bahan bakar pada motor bensin.

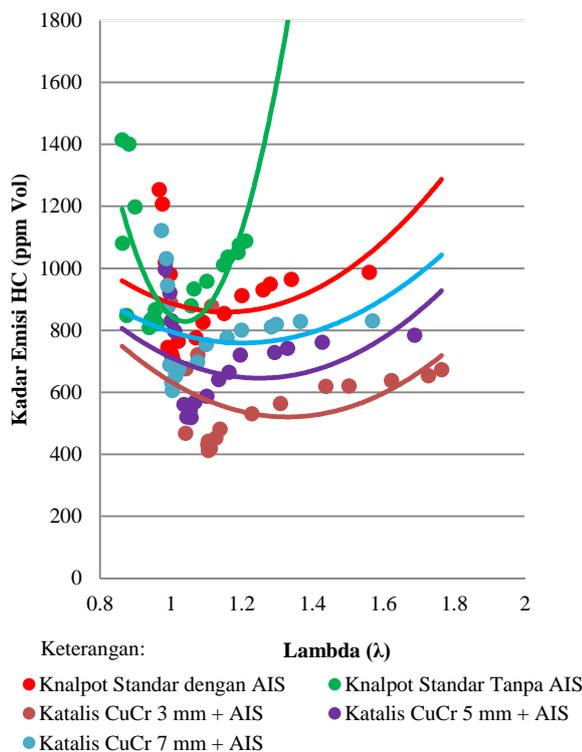


Gambar 7. Grafik emisi CO, HC, O₂, CO₂, NO_x terhadap *air fuel ratio*

Sumber: Robert Bosch GmbH (1999:14)

Berdasarkan gambar 7 di atas, secara teori dapat diketahui pada emisi CO terendah yaitu terletak pada *air fuel ratio* (AFR) 1,47-1,50 atau sesuai dengan campuran ideal. Begitu juga dengan emisi HC, emisi HC terendah juga berada pada AFR 1,47. Sedangkan peningkatan emisi CO₂ tertinggi juga terletak pada AFR 1,47. Untuk emisi gas buang O₂ mengalami peningkatan mulai AFR 1,47 dan seterusnya emisi gas buang O₂ mengalami peningkatan. Jadi dapat disimpulkan bahwa grafik pengujian di atas tidak jauh berbeda dengan teori.

Konsentrasi Emisi HC



Gambar 8. Grafik emisi HC terhadap lambda

Pada gambar 8 di atas, apabila menggunakan knalpot standar dengan AIS pada putaran *idle* dengan lambda 0,967 emisi HC yang dihasilkan sebesar 1254 ppm vol, jika menggunakan knalpot standar tanpa AIS, maka pada putaran *idle* dengan lambda 0,862 emisi HC yang dihasilkan sebesar 1415 ppm vol. Perbedaan konsentrasi emisi HC tersebut disebabkan karena kekurangan oksigen pada saluran buang pada knalpot standar tanpa AIS, sehingga pembakaran menghasilkan emisi HC yang lebih banyak. Sementara itu, ketika menggunakan *catalytic converter* tembaga berlapis krom + AIS pada knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 3 mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,999 emisi HC yang dihasilkan sebesar 889 ppm vol. Knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 5 mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,984 emisi HC yang dihasilkan sebesar 997 ppm vol. Sedangkan

knalpot eksperimen dengan variasi tinggi lekukan 7 mm pada putaran *idle* dengan lambda 0,973 emisi HC yang dihasilkan sebesar 1122 ppm vol. Jadi, pada kondisi putaran *idle*, *catalytic converter* tembaga berlapis krom + AIS dan dengan variasi tinggi lekukan katalis 3 mm, 5 mm, dan 7 mm mampu mereduksi emisi HC masing-masing sebesar 29,11%, 20,49% dan 10,53%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa kadar emisi HC yang dihasilkan oleh knalpot eksperimen cenderung lebih rendah daripada knalpot standar dengan AIS. Hal ini dikarenakan adanya *catalytic converter* CuCr yang berfungsi mempercepat proses oksidasi di dalam knalpot.

Secara teori, sejumlah energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi kimia diketahui sebagai energi aktivasi. Hasil reaksi pada *catalytic converter* dimulai dengan proses penyerapan (*absorption*) komponen polutan dari gas buang dan oksigen di permukaan katalis. Proses penyerapan berakibat pada melemahnya ikatan antara atom-atom yang kurang stabil yang menyebabkan atom ini mudah bereaksi dengan atom-atom lain. Efektif sebagai katalisator $2\text{HC} + 2\text{O}_2$ menjadi $\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ akan lebih cepat tercapai pada suhu ($300,2^\circ\text{C} - 525,2^\circ\text{C}$). Sementara itu, oksidasi $2\text{HC} + 2\text{O}_2$ menjadi $\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ pada fase tanpa katalis akan terjadi pada suhu 600°C .

Reaksi yang terdapat pada *catalytic converter* adalah sebagai berikut:



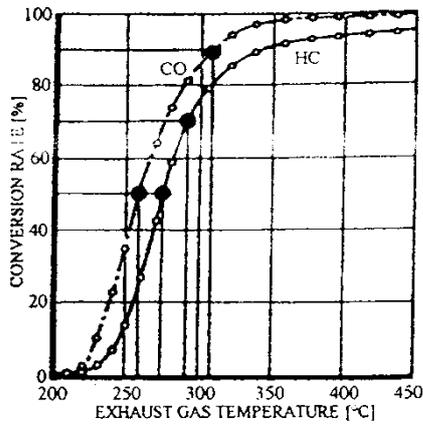
Berdasarkan proses di atas diketahui bahwa untuk dapat menjadi molekul H₂O dan CO₂ maka prosesnya molekul H dan C menabrak permukaan katalis dan ditahan pada permukaan. Kemudian partikel yang berdekatan mendapat tambahan molekul O dari O₂. Sehingga partikel itu berdekatan dan bergabung untuk membentuk molekul baru yaitu H₂O dan CO₂.

Untuk mencapai tingkat tertinggi dari konversi gas buang, maka parameter yang digunakan adalah perbandingan udara dan bahan bakar, temperatur gas pembuangan serta kecepatan aliran gas buang yang juga harus disesuaikan seoptimal mungkin. (Jenbacher, 1996:481).

Pada temperatur 300°C efisiensi konversi dari katalis yang baru berkisar antara 98%-99% untuk CO dan sekitar 95% untuk HC. Bagaimanapun juga untuk temperatur di bawah 300°C katalis praktis tidak efisien. (Heisler, 1995:698).

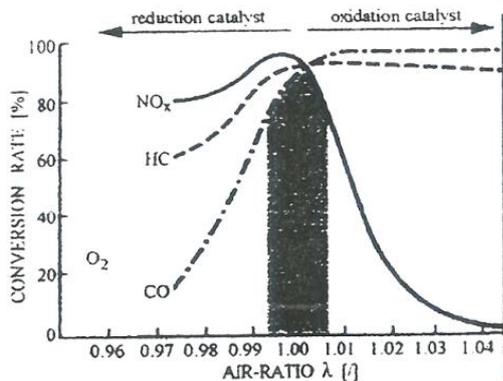
Dari gambar 9 di bawah ini ditunjukkan grafik temperatur gas buang terhadap laju konversi CO dan HC.

Pengaruh *Metallic Catalytic Converter* Tembaga Berlapis Krom dan *Air Induction system* (AIS) Terhadap Reduksi Emisi Gas Buang Yamaha *New Jupiter Mx*

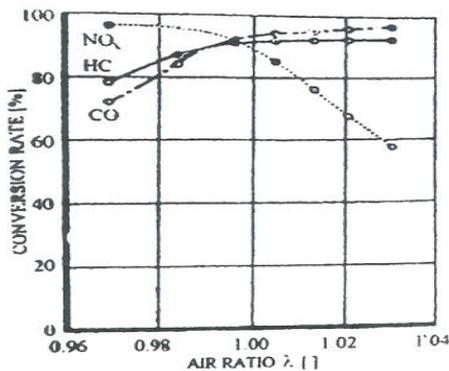


Gambar 9. Grafik temperatur gas buang terhadap laju konversi CO dan HC
Sumber: Jenbacher (1996:482)

Selain itu perbandingan udara dan bahan bakar juga berpengaruh terhadap laju konversi sebuah katalis. Pada gambar di bawah ini ditunjukkan hubungan laju konversi dari CO, HC dan NO_x terhadap perbandingan udara dan bahan bakar pada kondisi statis dan kondisi dinamis.

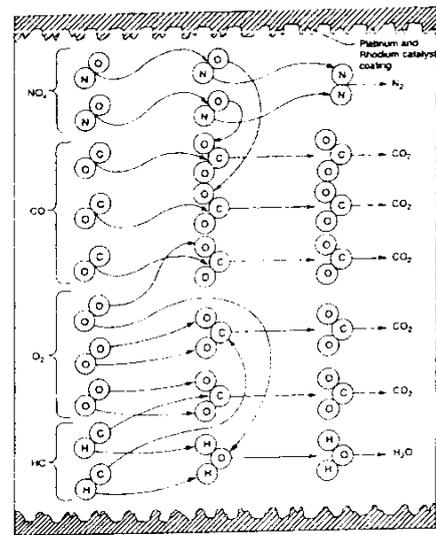


Gambar 10. Grafik laju konversi katalis di bawah kondisi statis
Sumber: Jenbacher (1996:481)



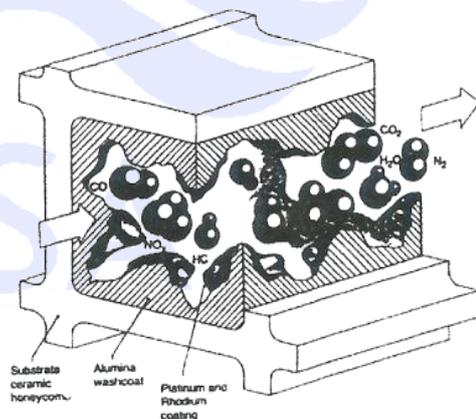
Gambar 11. Grafik katalis di bawah kondisi dinamis
Sumber: Jenbacher (1996:482)

Pada gambar 12 berikut ini, dapat dilihat proses reaksi gas buang pada knalpot dengan menggunakan *metallic catalytic converter* CuCr+ AIS, gas buang CO menjadi CO₂, serta HC menjadi H₂O. Prosesnya ketika emisi CO untuk dapat berubah menjadi CO₂ maka diperlukan 1 molekul O yang berasal dari O₂. Sedangkan untuk emisi HC menjadi H₂O, 2 molekul H yang berdekatan mendapat tambahan 1 molekul O dari O₂.



Gambar 12. Proses reaksi komposisi gas buang
Sumber: Heisler (1995:698)

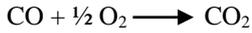
Reaksi pada *catalytic converter* dimulai dengan penyerapan (*absorption*) komponen polutan dari gas buang dan oksigen di permukaan katalis. Proses penyerapan berakibat pada melemahnya ikatan antara atom-atom yang kurang ketat menyebabkan atom-atom ini mudah bereaksi dengan atom-atom lain, seperti itulah reaksi diantara atom-atom tersebut menjadi lebih mudah dan lebih cepat (Jenbacher, 1996:480).



Gambar 13. Reaksi pada *catalytic converter*
Sumber: Heisler (1995:699)

Dari gambar 13 di atas dapat diketahui bahwa reaksi yang terdapat pada *catalytic converter* adalah sebagai berikut:

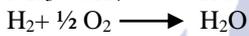
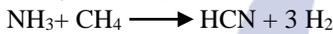
Konversi HC dan CO:



Konversi NO_x:



Reaksi tambahan:



**PENUTUP
SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil pengujian knalpot eksperimen dengan *catalytic converter* CuCr + AIS dengan variasi katalis tinggi lekukan 3 mm, 5 mm dan 7 mm dapat mereduksi emisi CO rata-rata sebesar 58,19%, 55,11% dan 46,33%.
- Dari hasil pengujian knalpot eksperimen dengan *catalytic converter* CuCr + AIS dengan variasi katalis tinggi lekukan 3 mm, 5 mm dan 7 mm dapat meningkatkan O₂ rata-rata sebesar 59,15%, 45,32% dan 24,80%.
- Dari hasil pengujian knalpot eksperimen dengan *catalytic converter* CuCr + AIS dengan variasi katalis tinggi lekukan 3 mm, 5 mm dan 7 mm dapat meningkatkan emisi CO₂ rata-rata sebesar 15,83%, 11,04% dan 7,31%.
- Dari hasil pengujian knalpot eksperimen dengan *catalytic converter* CuCr + AIS dengan variasi katalis tinggi lekukan 3 mm, 5 mm dan 7 mm dapat mereduksi emisi gas buang HC rata-rata sebesar 36,49%, 23,36% dan 11,36%.

Saran

Dari simpulan diatas dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Penelitian ini menggunakan plat tembaga berlapis krom (CuCr) + AIS sebagai katalis yang disebut *metallic catalytic converter* dan berhasil menurunkan kadar emisi CO dan HC untuk skala laboratorium. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan cara uji jalan (*endurance test*).
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi lekukan pada plat katalis CuCr yang berbentuk

metallic catalytic converter sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi CO dan HC. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi tinggi lekukan yang lain, misalnya 1 mm dan 2 mm.

- Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan katalis plat tembaga berlapis krom (CuCr)+AIS yang berbentuk *metallic catalytic converter* sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi CO dan HC. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi tebal lapisan krom dan panjang plat katalis.
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan katalis plat tembaga berlapis krom (CuCr)+AIS yang berbentuk *metallic catalytic converter* sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar emisi CO dan HC, tetapi dengan temperatur yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi jarak tabung *metallic catalytic converter*.
- Penelitian ini menggunakan desain knalpot CAT untuk tempat katalis. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk variasi sudut kemiringan CAT terhadap reduksi emisi CO dan HC.
- Penelitian lanjutan hendaknya meneliti pengaruh penggunaan *catalytic converter* CuCr+AIS terhadap emisi NO_x.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 2002. *Penggerak Mula: Motor Bakar Torak*. Edisi Kelima. Bandung: Penerbit ITB.
- Bell, A. Graham. 1998. *Four Stroke Performance Tuning*. Third Edition. British: J.H. Haynes & Co., Ltd.
- Crouse, William H. & Anglin, Donald L. 1977. *Automotive Mechanics*. Ninth Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Heisler, Heinz. 1995. *Advance Engine Technology*. London: Edward Arnold.
- Jama, Jalius dkk. 2008. *Teknik Sepeda Motor Jilid 1 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Jenbacher. 1996. *Spark Ignition Engine Design Vol 3*. Jerman: Jenbacher Energy System.
- Narbuko, Cholid. 2005. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2006 tentang *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Lama*.

- Manunggal, Rido. 2013. *Pengaruh Penggunaan Metallic Catalytic Converter Tembaga dan Teknologi SASS Terhadap Reduksi Emisi Gas buang Sepeda Motor Honda New Mega Pro*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Robert Bosch GmbH. 1999. *Gasoline Engine Management*. Jerman: Stuttgart.
- Swisscontact. 2001. *Pengetahuan Dasar Perawatan Kendaraan Niaga (Bus)*. Jakarta: Swisscontact Clean Air Project.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.
- Warju. 2012. *Rancang Bangun Knalpot Inovatif Ramah Lingkungan Berteknologi Metallic Catalytic Converter Untuk Mendukung Program Langit Biru*. Laporan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tidak diterbitkan. Surabaya: LPPM Universitas Negeri Surabaya.
- Warju. 2012. *Teknologi Reduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*. Surabaya: Unesa University Press.

