

ANALISIS MOTOR BAKAR BERBAHAN BAKAR PREMIUM DENGAN PENAMBAHAN ADITIF BIOETANOL DARI LIMBAH TONGKOL JAGUNG

Muhammad Ridwan Hidayat, Adi Taufik Samara¹⁾, Mahyati²⁾,
La Ode Musa, Apollo³⁾

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan aditif bioetanol kedalam premium terhadap unjuk kerja dan emisi gas buang mesin merk Enduro XL TD 110. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan premium murni terhadap campuran premium ditambahkan bioetanol yang berasal dari limbah tongkol jagung dengan variasi penambahan sebesar 25 ml, 50 ml, 75 ml dan 100 ml yang dilakukan pada beban konstan dan variasi putaran mulai 1500 rpm sampai 3500 rpm dengan interval 500 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penambahan bioetanol kedalam premium terhadap unjuk kerja mesin bensin dimana diperoleh kenaikan daya rata-rata terbesar pada penambahan 100 ml = 0,194 kW dan penurunan emisi gas buang yang optimum diperoleh pada campuran premium dengan penambahan 100 ml dibanding variasi yang lain dengan kadar sebesar: CO = 0,84 %, CO₂ = 10,5 % pada putaran 3000 rpm dan HC = 42 ppm pada putaran 3500 rpm, sesuai standar baku mutu emisi gas buang yang ditetapkan pemerintah.

Kata kunci: Premium, Bioetanol, Limbah Tongkol Jagung, Unjuk Kerja, Emisi Gas Buang.

I. PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari premium adalah angka oktan, dimana angka oktan menyatakan besarnya kandungan molekul iso-oktan (C₈) yang terdapat dalam bahan bakar bensin. Secara umum kandungan bensin terdiri dari iso-oktan dan normal-heptana. Iso-oktan bersifat tahan terhadap kompresi hingga volume terkecil tanpa mengalami pembakaran spontan sedangkan normal-heptana mempunyai karakteristik yang berlawanan dengan Iso-oktan yaitu mudah terbakar spontan meskipun baru ditekan sedikit sehingga semakin tinggi kandungan oktan berarti mutu dari premium akan semakin baik.

¹ Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

³ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

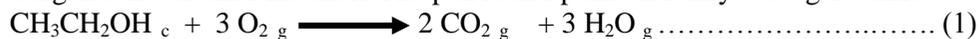
Banyak upaya yang telah dilakukan untuk memperbaiki kualitas dari premium, salah satunya dengan meningkatkan angka oktan diantaranya dengan penambahan zat aditif yaitu *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Metil Tertier Butil Eter* (MTBE). Namun, penambahan zat aditif tersebut menimbulkan emisi gas buang yang berdampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah emisi pada wacana diatas yaitu dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yaitu bioetanol yang berasal dari limbah pertanian sebagai zat aditif premium.

Beberapa penelitian terdahulu yang yang dijadikan acuan dalam pengujian prestasi dan emisi gas buang motor bensin diantaranya:

1. Uji eksperimental perbandingan unjuk kerja motor bakar berbahan bakar premium dengan campuran premium-bioetanol (gasohol be-5 dan be-10). Penelitian ini menggunakan bioetanol dari ubi kayu dan melakukan pengujian prestasi mesin dan uji emisi dengan beban 10 kg dan 25 kg pada putaran bervariasi (Sihaloho, 2009).
2. Uji emisi penggunaan bioetanol dari limbah nanas sebagai campuran premium pada sepeda motor Yamaha Vega-R. Penelitian ini menggunakan bioetanol dari limbah nanas dan hanya menguji kadar emisi gas buang saja dari bahan bakar E0; E2,5; E5; E7,5; E10; E12,5; E15 (Irawan, 2011).
3. Uji eksperimental performansi motor otto berbahan bakar campuran premium dengan zat aditif berbentuk cair. Penelitian ini menggunakan zat campuran premium berupa suplemen bermerk JAC dengan pengujian prestasi mesin dan uji emisi pada putaran bervariasi (Saragih, 2009).
4. Pada penelitian sebelumnya telah diperoleh etanol sebesar 10% dari tongkol jagung yang selanjutnya dihidrasi menggunakan membran erpaporasi hingga diperoleh kualitas *fuel grade* dengan konsentrasi etanol 99.6% (Mahyati, 2011) yang digunakan dalam pengujian ini sebagai aditif premium.

Penggunaan bioetanol sebagai campuran premium yang diijinkan oleh pemerintah sampai saat ini maksimum 10% (SK. Dirjen Minyak dan Gas Bumi, 2006). Selain itu, bioetanol juga mempunyai kadar oksigen 35% yang menyebabkan proses pembakaran mesin menjadi lebih sempurna (Castello dan Chum, 1998).

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi, tidak memberikan tambahan *netto* CO₂ pada lingkungan karena CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Adapun reaksi pembakarannya sebagai berikut:



Bioetanol Oksigen Karbondioksida Air

A. Performansi Mesin Bensin

Ada banyak parameter dalam menentukan prestasi mesin bensin, beberapa diantaranya yang akan diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Torsi dan daya

Persamaan untuk menghitung daya adalah sebagai berikut (manual book small engines test bed and instrumentation):

$$P_B = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60} \dots\dots\dots(2)$$

2. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Persamaan untuk konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebagai berikut (manual book small engines test bed and instrumentation):

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{P_B} \dots\dots\dots(3)$$

3. Efisiensi termal

Efisiensi termal dapat dihitung dengan persamaan berikut (manual book small engines test bed and instrumentation):

$$\eta_{th} = \frac{P_B}{Q_{tot}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

4. Lamda (λ)

Lamda (λ) adalah koefisien kelebihan udara yang merupakan angka yang diperoleh dari hasil emisi gas buang untuk mengetahui perbandingan udara dan bahan bakar aktual (AFR_{aktual}) dengan perbandingan udara dan bahan bakar stoikiometri ($AFR_{stoikiometri}$) yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Pulkrabek,1996):

$$\lambda = \frac{AFR_{aktual}}{AFR_{stoikiometri}} \dots\dots\dots(5)$$

B. Emisi Gas Buang

Beberapa emisi yang dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan pada penelitian ini diantaranya:

1. Karbon monoksida (CO)

Apabila kadar gas CO dalam hemoglobin (HbCO) cukup tinggi, maka akan mulai terjadi gejala yang mengganggu kesehatan sehingga pada paparan menahun akan menunjukkan gejala gangguan syaraf, infeksi otak, infeksi jantung dan kematian bayi dalam kandungan (Mukono, 2009).

2. Karbon dioksida (CO₂)

Gas CO₂ merupakan salah satu partikel pencemar udara sebagai hasil pembakaran sempurna. Jika CO₂ berada di udara melebihi batas normal maka akan menurunkan kualitas udara sampai pada batas yang mengganggu kehidupan sehingga menimbulkan peningkatan suhu bumi karena efek rumah kaca.

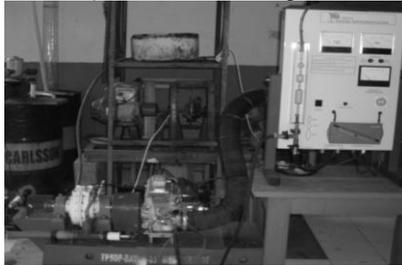
3. Hidrokarbon (HC)

Premium adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang diperoleh dari gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran yang menjadi penyebab timbulnya kanker.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat, Bahan dan Peralatan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus (UKIP) Makassar dengan bahan pada penelitian ini diantaranya premium yang dijual di SPBU dengan volume konstan sebesar 1000 ml dan campuran premium dengan penambahan zat aditif bioetanol kualitas *Fuel Grade Ethanol* (FGE) 99,6% dengan kadar masing-masing sebesar 1000 ml premium + 25 ml bioetanol ($C_{10:0,25}$), 1000 ml premium + 50 ml bioetanol ($C_{10:0,50}$), 1000 ml premium + 75 ml bioetanol ($C_{10:0,75}$) dan 1000 ml premium + 100 ml bioetanol ($C_{10:1}$).



Gambar 1. Enduro XL Robin TD 110 Gasoline dan Instrumen Pengukuran

Data spesifikasi mesin bensin:

- 1) Nama Mesin : Enduro XL Robin TD 110 Gasoline
- 2) Tipe mesin : Mesin bensin empat langkah
- 3) Daya maksimum : 5,0 Hp
- 4) Putaran maksimum : 3750 rpm



Gambar 2. AVL digas 4000 light

Data spesifikasi alat emisi gas buang:

- 1) Merk/ Tipe : AVL digas 4000 light.
- 2) CO : 0 – 10 % vol dengan ketelitian 0,01 % vol.
- 3) CO₂ : 0 -20 % vol dengan ketelitian 0,1 % vol.
- 4) HC : 0 – 20000 ppm dengan ketelitian 1 ppm.
- 5) O₂ : 0 -25 % dengan ketelitian 0,01 %
- 6) Kalkulasi λ : 0 – 9,999 dengan ketelitian 0,001.

7) Kecepatan putaran mesin : 250 – 9990 rpm/ min.

B. Prosedur Pengujian

1. Prosedur pengujian prestasi mesin bensin

- Mengkalibrasi torsi dengan pembebanan.
- Menjalankan mesin untuk pemanasan hingga operasi normal.
- Memberikan beban sebesar 500 gram.
- Mengatur putaran mesin hingga 1500 rpm.
- Mencatat data-data yang terbaca pada peralatan pengukuran (torsi dan waktu pemakaian bahan bakar pada volume konstan 16 ml).
- Mengulang prosedur d hingga e untuk pengambilan data pada variasi putaran mesin masing-masing 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm dan 3500 rpm.

2. Prosedur pengujian emisi gas buang

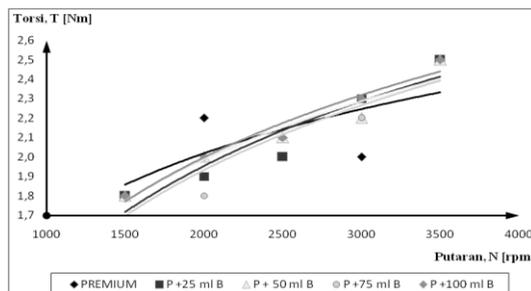
- Menyambungkan kabel *fitting* dengan gas analiser.
- Menjalankan gas analiser dan menunggu selama kurang lebih 15 menit untuk proses kalibrasi.
- Mengatur putaran mesin hingga 1500 rpm.
- Memasukkan *fitting* gas analiser kedalam knalpot mesin.
- Menunggu kurang lebih dua menit hingga pembacaan pada tampilan stabil dan Mencatat data-data yang terbaca pada monitor gas analiser
- Mengulang prosedur d sampai e dengan putaran mesin bervariasi 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm dan 3500 rpm

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik Hasil pengamatan unjuk kerja mesin,emisi gas buang pada variasi putaran dan beban konstan

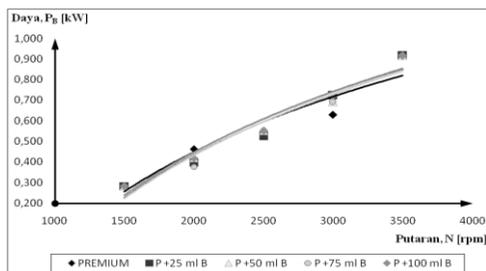
1. Unjuk kerja

a. Torsi



Gambar 3. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap torsi, T [Nm]

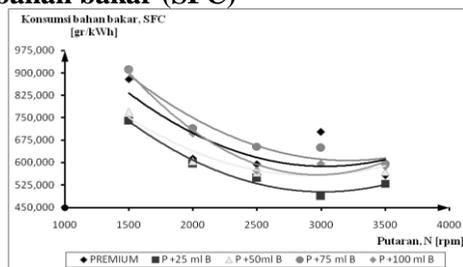
Berdasarkan hasil pengamatan unjuk kerja mesin bensin dan gambar 3 diatas menunjukkan bahwa besarnya nilai torsi dipengaruhi oleh tingginya putaran mesin dimana nilai torsi akan semakin besar seiring dengan meningkatnya putaran mesin yang diterapkan. Adanya penambahan bioetanol kedalam premium secara teoritis dapat memperbaiki nilai torsi. Nilai torsi maksimum untuk seluruh jenis bahan bakar memiliki nilai yang cenderung sama yaitu sebesar 2,5 Nm. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan data spesifikasi dari mesin bensin yaitu 10,3 Nm pada putaran 2500 rpm pada beban maksimum yang disebabkan rendahnya beban yang diberikan yaitu 500 gram



Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran, N (rpm) terhadap daya, P_B [kW]

Berdasarkan hasil analisa gambar 4 diatas menunjukkan bahwa besarnya daya dipengaruhi oleh tingginya putaran mesin, daya akan semakin besar seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Selain putaran, daya juga dipengaruhi oleh besarnya nilai torsi yaitu semakin besar nilai torsi yang diperoleh maka daya yang dihasilkan akan semakin besar atau sebaliknya. Menurunnya nilai torsi premium pada putaran 2500 sampai 3000 rpm cenderung tidak mengubah nilai daya disebabkan tingginya putaran yang diterapkan dan diperoleh adanya kenaikan pada berbagai putaran, untuk penambahan 25 ml bioetanol terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,184 kW, penambahan 50 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,187 kW, penambahan 75 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,179 kW dan untuk penambahan 100 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,194 kW.

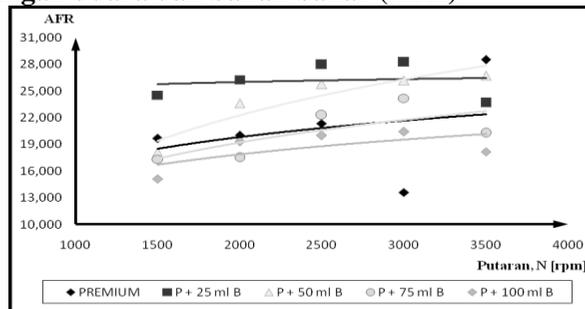
b. Konsumsi bahan bakar (SFC)



Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Berdasarkan hasil analisa dan gambar 5 diatas menunjukkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik terbesar terjadi pada campuran premium dengan penambahan 100 ml zat aditif bioetanol sebesar 910,582 g/kWh pada putaran 1500 rpm dibanding variasi yang lain dan akan semakin menurun disebabkan meningkatnya putaran mesin yang diterapkan. Konsumsi SFC yang paling efisien diperoleh pada campuran premium dengan penambahan 25 ml aditif bioetanol dibanding dengan variasi yang lain dengan penurunan rata-rata 89,093 g/kWh dengan nilai minimum sebesar 486,955 g/kWh saat putaran 3000 rpm.

c. Perbandingan udara dan bahan bakar (AFR)

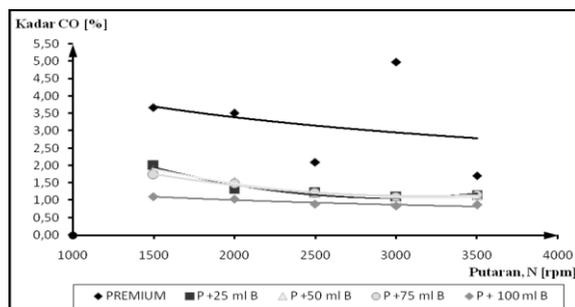


Gambar 6. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap perbandingan udara bahan bakar (AFR)

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa dan gambar 10 diatas menunjukkan bahwa nilai AFR terbesar diperoleh pada premium sebesar 28,525 yang terjadi pada putaran 3500 rpm dibanding variasi yang lain. Berdasarkan teori nilai AFR dipengaruhi oleh putaran dimana semakin tinggi putaran yang diterapkan maka nilai AFR akan semakin besar. Namun, pada premium terjadi penurunan pada putaran 3000 rpm dan campuran premium dengan variasi penambahan yang lain terjadi penurunan pada putaran 3500 rpm disebabkan adanya peningkatan nilai konsumsi bahan bakar. Besar kecilnya nilai AFR sangat berpengaruh saat proses pembakaran dimana apabila nilai AFR melewati batas yang diijinkan yaitu batas bawah sebesar 7 (terlalu kaya) dan batas atas sebesar 30 (terlalu miskin) cenderung menyebabkan *miss firing* (tidak terjadi pembakaran) sehingga perlu dilakukan penyetelan pada karburator.

2. Emisi gas buang

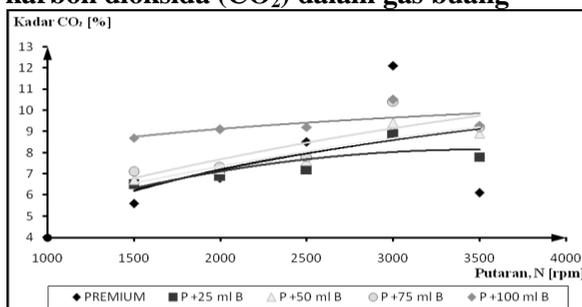
a. Kadar karbon monoksida (CO) dalam gas buang



Gambar 7. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap kadar emisi karbon monoksida (CO)

Berdasarkan hasil pengamatan uji emisi gas buang dan gambar 7 di atas menunjukkan bahwa kadar emisi CO dipengaruhi oleh besarnya putaran mesin yang diterapkan dimana semakin besar putaran mesin maka kadar emisi CO yang dihasilkan akan semakin menurun. Adanya penambahan bioetanol kedalam premium yang semakin besar cenderung menyebabkan kadar emisi CO yang dihasilkan semakin rendah dibanding premium. Kadar emisi CO minimum untuk semua jenis bahan bakar terjadi pada campuran premium dengan penambahan 100 ml bioetanol sebesar 0,84%, diperoleh pada putaran 3000 rpm. Namun pada putaran 3500 rpm, kadar emisi CO untuk semua penambahan bioetanol meningkat walaupun nilai lamda mendekati normal. Hal ini disebabkan tingginya putaran mesin yang diterapkan sehingga laju aliran bahan bakar (\dot{m}_f) yang masuk kedalam mesin semakin besar dan piston tidak maksimal untuk membakar seluruh campuran udara dan bahan bakar (*overlapping*) sehingga campuran udara dan bahan bakar sebagian ikut keluar melalui *exhaust* sebagai gas buang.

b. Kadar karbon dioksida (CO₂) dalam gas buang

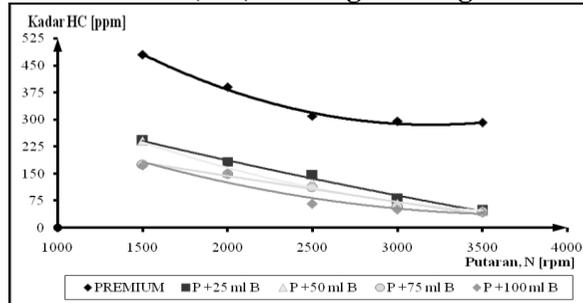


Gambar 8. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap kadar emisi karbon dioksida (CO₂)

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 8 di atas menunjukkan kadar emisi CO₂ maksimum terjadi pada putaran 3000 rpm sebesar 12,1% yang diperoleh dari premium dibandingkan dengan variasi yang lain disebabkan jumlah emisi CO

berkurang. Adanya penambahan bioetanol kedalam premium yang semakin besar dapat menstabilkan emisi CO₂ yang keluar dari mesin dimana semakin tinggi putaran mesin yang diterapkan maka kadar emisi CO₂ yang dihasilkan cenderung bertambah besar. Namun, pada putaran 3500 rpm kadar emisi CO₂ untuk semua jenis bahan bakar mengalami penurunan disebabkan *overlapping*. Semakin besar kadar CO₂ yang dihasilkan dari proses pembakaran maka CO akan semakin berkurang dimana emisi CO₂ yang optimal diperoleh pada campuran premium dengan penambahan 100 ml bioetanol.

d. Kadar hidrokarbon (HC) dalam gas buang



Gambar 9. Grafik hubungan antara putaran, N [rpm] terhadap kadar emisi hidrokarbon, HC [ppm]

Berdasarkan gambar 9 diatas menunjukkan bahwa kadar emisi HC maksimum terjadi pada putaran 1500 rpm sebesar 480 ppm diperoleh dari premium variasi lainnya dan akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya putaran yang diterapkan di mesin. Adanya penambahan bioetanol yang semakin besar kedalam premium sebagai aditif menyebabkan emisi HC yang dihasilkan mesin berkurang yang diperlihatkan pada campuran premium dengan penambahan 100 ml aditif bioetanol dengan kadar HC minimum diperoleh sebesar 42 ppm pada putaran 3500 rpm. Hal ini juga menunjukkan bahwa adanya penambahan bioetanol kedalam premium dapat mengurangi kandungan aromatik yang berbahaya pada aditif yang umum (MTBE dan TEL) sehingga bioetanol dapat juga digunakan sebagai pengganti aditif yang berbahaya tersebut.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini disimpulkan:

1. Pengaruh penambahan aditif bioetanol yang semakin besar kedalam premium terhadap unjuk kerja motor bakar menyebabkan adanya kenaikan daya efektif yaitu untuk penambahan 25 ml bioetanol terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,184 kW, penambahan 50 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,187 kW, penambahan 75 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,179 kW dan untuk penambahan 100 ml terjadi kenaikan daya rata-rata sebesar 0,194 kW.

2. Pengaruh penambahan aditif bioetanol terhadap emisi gas buang motor bakar yang optimum diperoleh pada penambahan 100 ml dengan jumlah emisi: CO = 0,84%, CO₂ = 10,5%, HC = 50 ppm pada putaran 3000 rpm dan CO = 0,87%, CO₂ = 9,3%, HC = 42 ppm pada putaran 3500 rpm, dan hasil tersebut masih sesuai standar baku emisi yang ditetapkan pemerintah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Castello, R., and Chum, H., 1998. *Biomass. Bioenergi and Carbon Managemen, In Bioenergi, Explaining Bioenergi Partnerships*, D.Wichert, 11-17
- Irawan, I. 2011. Uji Emisi Penggunaan Bioetanol dari Limbah Nanas Sebagai Campuran Premium pada Sepeda Motor Yamaha Vega-R. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNES
- Manual book of TD110-TD115 *Test Bed and Instrumentation For Small Engine*, TQ Education and Training Ltd-Product Division 2000
- Mahyati. 2011. Biokonversi Holoselulosa dari Tongkol Jagung (*Zea Mays L.*) Menjadi Bioetanol sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Semarang: Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia & Proses 2011. UNDIP
- Mukono. 2009. Dampak Pencemaran terhadap Kesehatan dan Lingkungan. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2006. 2006. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama
- Pulkrabek W. Willard, 1996. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. University of Wisconsin, Platteville, New Jersey, USA
- Saragih, R. H. 2009. Studi Eksperimental Performansi Motor Otto Berbahan Bakar Campuran Premium Dengan Zat Aditif Berbentuk Cair. Sumatra Utara: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU
- Sihaloho, R. D. 2009. Uji Eksperimental Perbandingan Unjuk Kerja Motor Bakar Berbahan Bakar Premium dengan Campuran Premium-Bioetanol (Gasohol BE-5 dan BE-10). Sumatera Utara: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU