

PENGUJIAN PRESTASI MOTOR BENSIN BERBAHAN BAKAR CAMPURAN PREMIUM DAN ETANOL DARI NIRA AREN

*Testing Performance Motor Gasoline Premium Fuel Mixture
And Ethanol From Nira Aren*

Ahmad Thamrin D, Yusuf Siahaya dan Effendy Arif

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan bioetanol (96,7%) dari nira aren, mengetahui perbedaan prestasi motor bensin dengan menggunakan bahan bakar Premium dan Biopremium (E-10 dan E-15) dari nira aren, mengetahui pengaruh penggunaan Premium dan Biopremium (E-10 dan E-15) terhadap emisi gas buang yang dihasilkan (CO, CO₂, O₂ dan HC), mengetahui pengaruh penggunaan Biopremium E-10 terhadap komponen - komponen bagian dalam mesin (Silinder head, Katup dan Piston), dan mengetahui besar selisih volume pelumas dengan menggunakan bahan bakar Biopremium (E-10) dari aren dengan ubi kayu sebelum dan setelah pengoperasian mesin selama 200 jam. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Hasanuddin, Laboratorium PT. Pertamina (Persero) Terminal BBM dan LPG Makassar Laboratorium Motor Bakar Universitas Kristen Indonesia Paulus dan Laboratorium instrument SMAK Makassar . Metode pengujian yang digunakan adalah pengujian eksperimen. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sejumlah data pengujian langsung pada alat uji. Data dianalisis secara teoritis berdasarkan data pengujian eksperimen dengan membandingkan prestasi mesin berbahan bakar premium, biopremium (E-10 dan E-15). Hasil penelitian diperoleh Pembuatan bioetanol dilakukan dengan menggunakan destilasi sederhana tanpa proses dehidrasi dan Kadar alkohol dihasilkan sebesar 96,7%, energi hasil pembakaran Biopremium E-10 dan E-15 lebih rendah daripada Premium. E-10 masih layak untuk digunakan dalam pengoperasian walaupun prestasi mesin kerja yang dihasilkan masih kecil dan besar selisih volume pelumas sebesar 10 ml.

*Kata-kata kunci-*About prestasi mesin, biopremium, etanol, emisi gas buang

Abstract

This study aims to determine the process of making bioethanol (96.7%) from palm juice, knowing the difference achievement gasoline motor using Premium and Biopremium fuel (E-10 and E-15) from palm juice, knowing the effect of the use of Premium and biopremium (E-10 and E-15) to the emission of exhaust gases produced (CO, CO₂, O₂ and HC), find out the effect biopremium E-10 to component - component parts in the engine (Cylinder head, Valve and Piston), and knowing a big difference lubricants volume by using fuel Biopremium (E-10) from the palm to the cassava before and after the operation of the engine for 200 hours. This research was conducted at the Laboratory of Pharmaceutical Chemistry, University of Hasanuddin, Laboratory PT. Pertamina (Persero) fuel and LPG Terminal Laboratory of Motor Fuel Makassar Indonesia Christian University Paul and Laboratory instrument SMAK Makassar. The testing method used was experimental testing. Data retrieval is done by taking a number of test data directly to the test equipment. Data were analyzed teoritis based on test data comparing the performance of experiments with premium fueled engines, biopremium (E-10 and E-15). Making the research results obtained by bioethanol done using a simple distillation without the dehydration and alcohol content generated by 96, 7%, the energy of the combustion Biopremium E-10 and E-15 are lower than Premium. E-10 is still eligible for use in

the operation of the engine achievement despite the work produced is still small and large difference in lubricant volume of 10 ml.

Key words-About feat machine, biopremium, ethanol, emissions

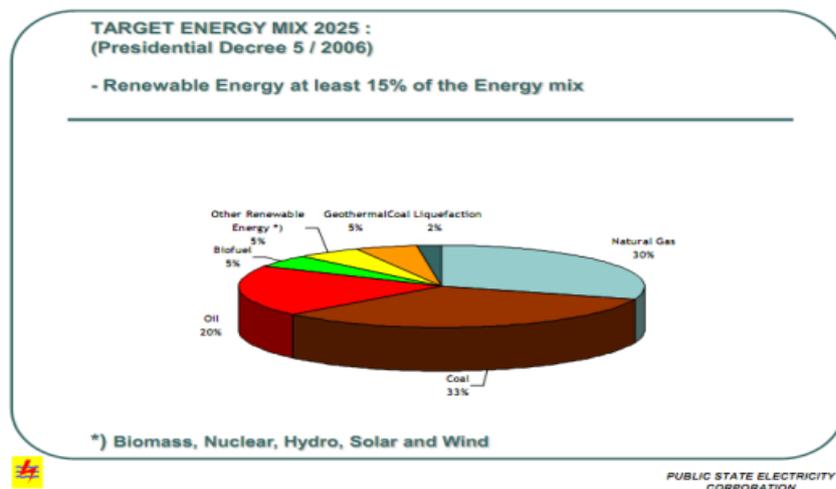
PENDAHULUAN

SEIRING dengan meningkatnya pemakaian motor bensin dari tahun ke tahun maka menurut data statistik polisi Indonesia, tahun 2003 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia berjumlah 26.706.705 kendaraan, tahun 2004 berjumlah 30.769.093 kendaraan dan 2006 berjumlah 38.156.278 kendaraan, (Anonim, 2006).

Hal ini mengakibatkan pemakaian bahan bakar minyak bumi terus meningkat. Keadaan ini tentu sangat mengkhawatirkan, karena dengan peningkatan pemakaian bahan bakar minyak bumi maka cadangan minyak bumi akan semakin berkurang sedangkan kebutuhan akan minyak bumi terus bertambah. Cadangan minyak di bumi Indonesia saat ini adalah 4,8 miliar barel dan setiap tahun Indonesia memproduksi 550 juta barel, (Anonim, 2006). Diprediksikan pada 2010, jumlah impor BBM akan meningkat menjadi sekitar 60%-70% dari kebutuhan dalam negeri. Fakta itu akan menjadikan Indonesia pengimpor BBM terbesar di Asia, (Anonim, 2007).

Untuk menekan pertumbuhan konsumsi BBM domestik, salah satu cara yang bisa ditempuh yaitu dengan memperhatikan dan menerapkan regulasi tentang penghematan energi nasional dan pengembangan energi alternatif. Di Indonesia, sumber utama energi masih bertumpu kepada jenis bahan bakar minyak, padahal banyak sumber energi alternatif lainnya yang dapat dimanfaatkan bahkan bisa mampu menggantikan sebagian peran energi fosil tersebut dengan memanfaatkan bahan bakar nabati, (Rahayuningsih, 2005).

Hal tersebut sesuai program pemerintah tentang BBM dan instruksi presiden (INPRES) no. 1 tahun 2006 tertanggal 25 januari 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar serta peraturan presiden (PERPRES) no. 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif.



Gambar 1. Target Pembauran Energi

Indonesia juga telah mengeluarkan regulasi tata-niaga produksi dan pemanfaatan bioetanol (biofuel) melalui KepMen no. 32 tertanggal 26 September tahun 2008 yang memungkinkan dunia usaha mengembangkan produksi bioetanol (biofuel) untuk kebutuhan dalam negeri maupun ekspor. Disamping itu, Kementerian ESDM dan TIMNAS Bioetanol terus menggalakkan inovasi pengembangan produksi bioetanol di Indonesia, (Anonim, 2008).

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang serbaguna dan telah lama dimanfaatkan secara tradisional. Tanaman aren memiliki daya adaptasi luas pada berbagai agroklimat dari dataran rendah hingga 1.400 m dpl. Tak heran jika tanaman ini tersebar di seluruh Indonesia. Pada tahun 2002, luas areal tanaman aren di Indonesia adalah 47.730 hektar yang tersebar di berbagai provinsi. Tanaman aren banyak terdapat di Sumatera Utara, Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Selatan. Hampir semua bagian tanaman aren ini berguna, baik untuk pangan, bahan baku industri maupun energi terbarukan, (Anonim, 2009)

Dewasa ini pamor aren semakin meningkat bersamaan dengan pemanfaatan niranya untuk bahan bioetanol. Nira dapat diolah melalui proses fermentasi menjadi bioetanol. Dari satu pohon dihasilkan 15 liter nira per hari. Apabila dalam satu tahun aren disadap selama 200 hari, maka nira yang dihasilkan 3.000 liter per pohon, jadi setiap pohon dapat menghasilkan 200 liter bioetanol per tahun. Jika 10% saja dari luas areal yang ada dengan 100 pohon dalam satu hektar dijadikan bahan bioetanol, maka per tahun akan dihasilkan 1.431.900.000 liter bioetanol atau 1,43 juta KL bioetanol per tahun atau 7,15 juta KL dalam lima tahun, (Anonim, 2009).

Dalam roadmap biofuel, Indonesia pada tahun 2015 memerlukan bioetanol sebesar 2,78 juta KL. Ini berarti kontribusi dari aren saja terhadap pemanfaatan bioetanol menjadi Gasohol E-10 adalah 257 %. Gasohol E-10 adalah campuran dari 10% bioetanol dan 90% premium, (Anonim, 2008).

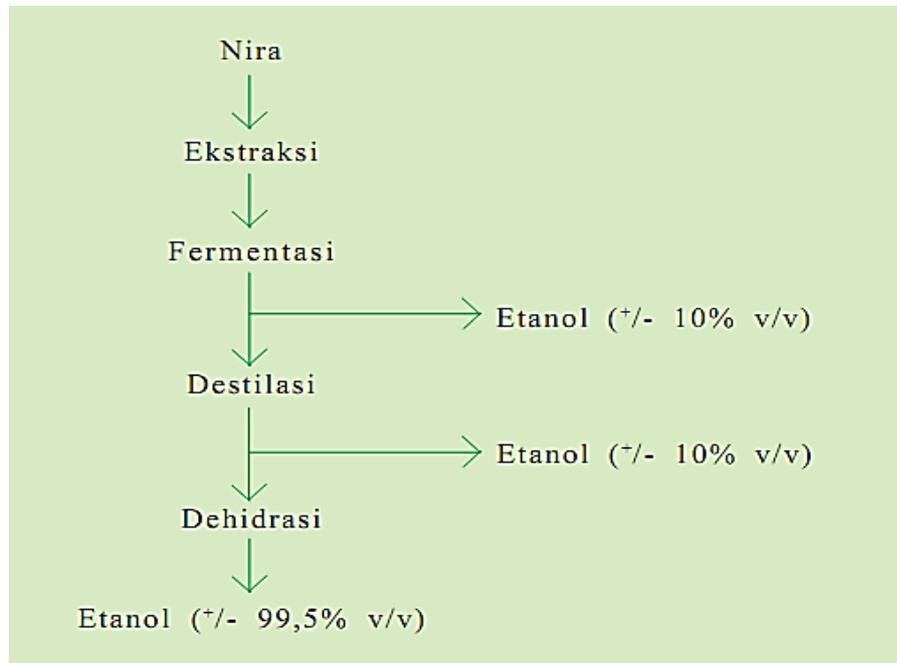
A. Aren (*Arenga Pinnata*)

Aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang serbaguna dan telah lama dimanfaatkan secara tradisional. Tanaman aren memiliki daya adaptasi luas pada berbagai agroklimat dari dataran rendah hingga 1.400 m dpl. Tak heran jika tanaman ini tersebar di seluruh Indonesia, (Anonim, 2009).

Pada tahun 2002, luas areal tanaman aren di Indonesia adalah 47.730 hektar yang tersebar di berbagai provinsi. Tanaman aren banyak terdapat di Sumatera Utara, Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Selatan. Hampir semua bagian tanaman aren ini berguna, baik untuk pangan, bahan baku industri maupun energi terbarukan, (Anonim, 2009).

B. Proses pembuatan Bioetanol dari nira aren

Proses pembuatan pengolahan nira aren menjadi etanol sama dengan pengolahan pati atau selulosa menjadi etanol. Pengolahan bahan berpati (*starchy biomass*) atau berselulosa (*cellulosic biomass*) dapat menggunakan cara enzimatik (tahap liquefaction), tetapi untuk nira langsung digunakan cara fermentasi. Diagram alir fermentasi nira menjadi etanol 99,5% disajikan pada Gambar berikut., (Anonim, 2009).



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan bioetanol dari nira aren

C. Bioetanol

Etanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif dan dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Etanol adalah salah satu obat rekreasi yang paling tua.

Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O . Ia merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5), (Aminuddin, dkk., 1993).

Tabel 1. Karakteristik fisik dan kimia bahan bakar dan aditifnya, (Nur, dkk., 2006).

Sifat	Premium	MTBE	Etanol
Formulasi kimia	C ₄ to C ₁₂	(CH ₃) ₂ COCH ₃	C ₂ H ₅ OH
Komposisi, berat (%)			
Carbon	85 - 88	66,1	52,2
Hydrogen	12 - 15	13,7	13,1
Oxygen	0	18,2	34,7
Kepadatan, lb/gal @60 °F	6,0 – 6,5	6,19	6,61
Angka oktan (R+M)/2	86 - 94	108	100
Nilai panas tertinggi (Btu/lb)	19000	18290	12800
Autoignition temperature, °F	495	815	793
Panas spesifik (Btu/lb°F)	0,48	0,5	0,57
Stoichiometric air/fuel ratio, weight	14,7	11,7	9

D. Bahan Bakar Bensin

Hampir semua jenis bahan bakar saat ini diturunkan dari minyak bumi. Secara prinsip komponen minyak adalah hidrokarbon. Antara lain jenis *parafins*/alkana dengan rumus kimia C_nH_{2n+2}, naphthenes/cyclanes dengan rumus kimia C_nH_{2n}, hidrokarboaromatic C_nH_{2n-6}, dan olefins C_nH_{2n}, (Domkundwar, 2009).

Tabel 2. Spesifikasi

Tabel 4. Spesifikasi Premium

Properties	Units	Methods	Limits	
			Max.	Max.
Color		Visual	Yellow	
Copper Strip Corrosion		ASTM D.130-04	- No.1	
Doctor Test		IP.30-92	Negative	
Distillation:		ASTM D.86-05	-	74
- 10 %vol. Recat	°C		75*	125
- 50 %vol. Recat	°C		-	180
- 90 %vol. Recat	°C		-	215
- Final boiling Point	°C		-	2.0
- Residu	% vol		-	5
Existent Gum	mg/100ml	ASTM D.381-04	361	-
Induction Period at 100 °C	minute	ASTM D.525-05		
Knock Rating			88.0	-
- Research F1	ON	ASTM D.2699-06a	715	780
Density at 15 °C	kg/m ³	ASTM D.1298-99	-	69*
Vapor Pressure Reid.	kPa	ASTM D.323-06	-	0.05
Sulphur Content **	% wt	ASTM D.3227-02	-	0.002
Sulphur Mercaptan **	% wt	ASTM D.2622-05	-	0.013
Lead Content	g/ltr	ASTM D.3237-02	-	-
Caloric value (Gross)	kCal/kg	ASTM D.240	-	-
Caloric value (Nett)	kCal/kg	ASTM D.240	-	-

Remark : x = Shore Tank Figure

(PT Pertamina (Persero) UPMS VII (2011))

E. Campuran Bensin dan Bioetanol

Biopremium merupakan campuran bioetanol dengan premium dengan kadar campuran tertentu. Biopremium E-10, misalnya, mengandung etanol 10 % dan premium 90%. Kualitas etanol yang digunakan tergolong *fuel grade* etanol yang kadar etanolnya 99%.

Terdapat beberapa cara penggunaan etanol untuk campuran gasoline (*Website Pertamina: Biogasoline*) sebagai berikut :

- a. *Hydrous* etanol (96% volume), yaitu etanol yang masih mengandung air sebesar 4%.
- b. *Anhydrous* etanol (*dehydrated* etanol), yaitu etanol bebas air dan paling tidak memiliki kemurnian 99%.
- c. Etanol juga digunakan sebagai bahan baku ETBE (*ethyl-tertiary-butyl-ether*), aditif gasoline konvensi.

F. Motor Bensin

Motor bensin merupakan salah satu penggerak mula yang berperan penting sebagai tenaga penggerak. Pada motor bensin untuk mendapatkan energi thermal diperlukan proses pembakaran dengan menggunakan campuran bahan bakar dan udara di dalam mesin, sehingga motor bensin disebut juga sebagai motor pembakar dalam (*internal combustion engine*). Di dalam proses pembakaran ini gas hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja. Motor ini merupakan pengembangan dari motor *Otto*, yang pertama kali ditemukan oleh *Nikolaus August Otto* yang lahir pada tahun 1832 di kota *Holzhausen, Jerman*.

METODE PENELITIAN

1. Tempat Penelitian

- a) Laboratorium Kimia Analisis Jurusan Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin Makassar sebagai tempat pembuatan bioetanol melalui fermentasi dan destilasi serta untuk mengetahui kadar alkoholnya.
- b) Laboratorium PERTAMINA (PERSERO) Terminal BBM dan LPG Makassar sebagai tempat pencampuran bahan bakar Premium dengan bioetanol dan pengujian spesifikasi bahan bakar.
- c) Laboratorium Instrumen SMAK Makassar sebagai tempat pengujian kandungan LHV Bioetanol dari nira aren.
- d) Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin UKIP Makassar sebagai tempat pengujian prestasi motor bensin dengan bahan bakar premium dan campuran premium + bioetanol serta uji emisi gas buang.

2. Rumus yang digunakan

1. Daya Pengereman (BHP)

Daya pengereman (*Brake Horsepower*) adalah daya yang dihasilkan mesin yang ditransmisikan melalui poros mesin yang bergerak. Daya pengereman yang diukur

adalah putaran mesin dengan tachometer dan torsi dengan torsimeter.

Salah satu cara untuk mengukur *Brake horsepower* adalah dengan meletakkan suatu alat ukur pada poros mesin. Dinamometer mengukur torsi (T), yang dihasilkan oleh mesin pada putaran tertentu. Dinamometer yang digunakan adalah dinamometer rem air (*water brake dynamometer*).

Prinsip kerja dari *water brake dynamometer* ini adalah poros rotor dihubungkan dengan poros dari motor, rotor dikopel dengan stator secara hidraulis dengan memanfaatkan air.

Brake horse power dapat dihitung dengan rumus yang terdapat pada [4] jika Torsi (T) (Nm), Putaran (n) (rpm) dikalikan dengan Faktor konversi dari Watt ke kW (10^{-3}) dan dibagi Faktor konversi dari menit ke detik (60) sebagai berikut :

$$BHP = \frac{2\pi \times n \times T}{60} \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(3-1a)$$

$$BHP = \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \times 10^{-3} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(3-1b)$$

2. Konsumsi bahan bakar (FC)

Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi atau digunakan oleh mesin dalam satuan waktu. *Fuel consumption* dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang terdapat pada [2] jika Volume bahan bakar (V_{bb}) (ml), *Specific Gravity* bahan bakar (SG) (kg/m^3) :

$$FC = \frac{V_{bb} \times SG \times 3600 \times 10^{-3}}{W} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) \dots\dots\dots(3-2)$$

3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik dinyatakan sebagai jumlah bahan bakar yang dibutuhkan mesin dalam waktu tertentu untuk menghasilkan 1 kilowatt daya efektif. SFC adalah ukuran nilai ekonomis suatu mesin dalam penggunaan bahan bakar yang rumusnya terdapat pada [2] jika Konsumsi bahan bakar (FC) (kg/h) dibagi dengan daya efektif (BHP) (kW) maka Persamaannya adalah:

$$SFC = \frac{FC}{BHP} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right) \dots\dots\dots(3-3)$$

4. Tekanan efektif rata-rata (MEP)

Tekanan efektif rata-rata menyatakan tekanan rata-rata yang bekerja untuk menggerakkan torak dalam menghasilkan daya efektif per satuan luas yang mana rumusnya terdapat pada [2] dimana nR putaran/siklus (untuk motor 4 – langkah) (nR) dikalikan daya efektif (BHP) (kW) dan dibagi dengan Volume silinder (V_s) (dm^3)

Persamaannya adalah :

$$MEP = \frac{60 \cdot 10^3 \times nR \times BHP}{n \times V_s} \text{ (kPa)} \dots\dots\dots (3-4)$$

Untuk mendapatkan volume silinder berikut rumus perhitungan dimana diameter silinder (d) dikali langkah piston (s) dan jumlah silinder (z)

$$V_s = \frac{\pi \cdot d^2 \times s \times z}{4 \cdot 10^6}$$

5. Massa Jenis Udara (ρ_{ud})

$$\rho_{ud} = \frac{1}{v} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \dots \dots \dots (3-5a)$$

- a. Tekanan Uap Jenuh (f') dimana temperatur bola basah (T_{wb}) dan temperatur bola kering (T_{db})

$$f' = 10^{\left[\frac{218,7 + 7,9 \cdot T_{wb}}{273,2 + T_{db}} \right]} \text{ (mmHg)} \dots \dots \dots (3-5b)$$

- b. Tekanan Parsial Uap Air (f) dimana tekanan atmosfer (P_{atm}).

$$f = f' - \left[0,5(T_{db} - T_{wb}) \left(\frac{P_{atm}}{760} \right) \right] \text{ (mmHg)} \dots \dots \dots (3-5c)$$

- c. Rasio Kelembaban (x)

$$x = 0,622 \left(\frac{f}{P_{atm} - f} \right) \left(\frac{kg \cdot udara \cdot Lembab}{kg \cdot udara \cdot ker \cdot ing} \right) \dots \dots \dots (3-5d)$$

- d. Volume spesifik Udara Lembab (v)

$$v = (0,773 + 1,224 \cdot x) \left[1 + \frac{T_{db}}{273,2} \right] \left[\frac{760}{P_{atm}} \right] \left(\frac{m^3}{kg} \right) \dots \dots (3-5e)$$

6. Laju Aliran Massa Udara (M_a)

Laju aliran massa udara adalah perbandingan massa udara yang masuk ke dalam ruang bakar terhadap waktu.

- a. Laju aliran massa udara aktual (M_{act}) adalah jumlah udara yang terisap oleh mesin selama langkah pemasukan untuk bercampur dengan bahan bakar. Hasilnya diambil dari pembacaan grafik viscometer (*Lampiran 1*).
- b. Laju aliran massa udara teoritis (M_{ai}) adalah jumlah udara teoritis yang dibutuhkan oleh mesin pada langkah isap yang mana rumusnya terdapat pada [2].

Persamaannya adalah volulem silinder dikalikan putaran (n) dikalikan faktor konversi dari menit ke jam (60) dikalikan faktor konversi dm^3 ke m^3 (10^{-3}) dikalikan massa jenis udara (ρ_{ud}) dan kemudian dibagi dua putaran/siklus; (untuk motor 4 - langkah) (nR) :

$$M_{ai} = \frac{V_s \cdot 10^{-3} \times n \times 60 \times \rho_{ud}}{nR} \text{ (kg/h)} \dots \dots \dots (3-6)$$

7. Perbandingan udara bahan bakar actual (AFR_{act})

Perbandingan udara bahan bakar dinyatakan sebagai perbandingan antara jumlah komposisi udara yang terisap sesungguhnya dengan jumlah bahan bakar yang terpakai, yang dapat berpengaruh terhadap laju pembakaran serta banyaknya energi yang dihasilkan, (Domkundwar, 2001).

Persamaannya adalah :

$$AFR_{act} = \frac{M_{act}}{FC} \dots\dots\dots(3-7)$$

Dimana :

M_{act} = Konsumsi udara actual, (kg/h)

FC = Konsumsi bahan bakar, (kg/h)

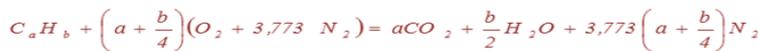
8. Faktor kelebihan udara (λ)

Faktor kelebihan udara menunjukkan besarnya faktor pencampuran udara bahan bakar yang merupakan perbandingan antara udara bahan bakar aktual dengan perbandingan udara bahan bakar stoikiometri, (Domkundwar, 2001).

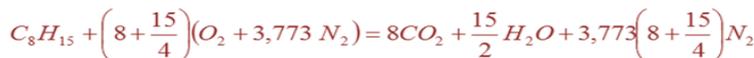
Persamaannya adalah Perbandingan udara bahan bakar actual (AFR_{act}) dibagi dengan Perbandingan udara bahan bakar stoikiometri (AFR_{stoi}) :

$$\lambda = \frac{AFR_{act}}{AFR_{stoi}} \dots\dots\dots(3-8)$$

Rumus kimia dari bahan bakar premium/gasoline menurut literatur yang ada yaitu C_8H_{15} maka reaksi pembakarannya adalah



Berdasarkan rumus kimia pada premium, maka diperoleh:



$$AFR_{th} = \frac{\left(1 + \frac{y}{4}\right)(32 + 3,773 \times 28,16)}{12,011 + 1,008y} \quad \text{dimana: } y = \frac{b}{a}$$

$$AFR_{th} = \frac{34,56 (4 + y)}{12,011 + 1,008 y}$$

$$AFR_{th} = \frac{34,56 (4 + 1,875)}{12,011 + 1,008 \cdot 1,875}$$

$$AFR_{th} = 14,60$$

Untuk etanol menurut literatur yang ada yaitu C_2H_6O dengan komposisi berat karbon 52,2%, komposisi berat hidrogen 13,1% dan komposisi oksigen 34,7 %, maka perbandingan udara dan bahan bakar teoritis, (Nur, dkk., 2006), adalah :

Menurut, (Khovach, 2009), rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$AFR_{th} = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \times C + 8H - O \right) kg$$

Berdasarkan berat komposisi etanol diatas, maka diperoleh :

$$AFR_{th} = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \times 0,522 + 8 \times 0,131 - 0,347 \right)$$

$$AFR_{th} = 9,09$$

Mencari AFR_{stoi} untuk campuran :

1. Nilai AFR_{stoi} untuk 90 % premium + 10 % Etanol (E-10) :

$$AFR_{stoi} = (0,90 \times 14,60) + (0,10 \times 9,09)$$

$$AFR_{stoi} = 14,05$$

2. Nilai AFR_{stoi} untuk 85 % premium + 15 % Etanol (E-15) :

$$AFR_{stoi} = (0,85 \times 14,60) + (0,15 \times 9,09)$$

$$AFR_{stoi} = 13,77$$

9. Efisiensi Volumetris (η_{vol})

Efisiensi volumetris adalah perbandingan antara jumlah udara yang terisap dengan jumlah yang diharapkan dapat mengisi silinder pada proses pengisapan yang mana rumus menurut (Pulkrabek, 1996), berikut Persamaannya yaitu konsumsi udara aktual (M_{act}) dibagi konsumsi udara teoritis (M_{ai}) adalah :

$$\eta_{vol} = \frac{M_{act}}{M_{ai}} \times 100\% \text{ (%).....(3-9)}$$

10. Efisiensi thermis (η_{th})

Efisiensi thermis (η_{th}) adalah daya pengereman (BHP) dibagi kalor sebenarnya bahan bakar (Q_{tot}) dikali seratus persen.

$$\eta_{th} = \frac{BHP}{Q_{tot}} \times 100\% \text{ (%).....(3-10a)}$$

Dimana untuk mendapatkan kalor sebenarnya bahan bakar (Q_{tot}), Konsumsi bahan bakar (FC) dikali *Low heating value* bahan bakar (LHV) kemudian dibagi Faktor konversi dari jam ke detik (3600) :

$$Q_{tot} = \frac{FC \times LHV_{bb}}{3600} \text{ (kW).....(3-10b)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil Perhitungan dan Pengujian

Hasil penelitian yang diuji pada Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Hasanuddin berupa pembuatan bioetanol dari nira aren dapat dilihat pada bab III pada halaman 32 dengan hasil kandungan alkohol sebesar 96,7% (*Lampiran 2*), hasil penelitian yang diuji pada Laboratorium Instrumen Smak Makassar berupa kandungan LHV sebesar 9765,74 cal/g atau 40859,86 kJ/kg (*Lampiran 3*) dan hasil penelitian yang diuji pada Laboratorium PERTAMINA (PERSERO) Terminal BBM dan LPG Makassar

berupa spesifikasi bahan bakar Premium dan Biopremium (E-10 dan E-15). (*Lampiran 4, 5 dan 6*)

B. Analisa Hasil Perhitungan dan Pengujian

1. Pembahasan pembuatan bioetanol

Pembuatan bioetanol dilakukan dengan menggunakan destilasi sederhana tanpa proses dehidrasi dikarenakan menggunakan peralatan yang canggih dan biaya besar. Kadar alkohol dari bioetanol yang dihasilkan sebesar 96,7% (*Lampiran 2*). Sedangkan untuk kandungan LHV dari bioetanol yang dihasilkan sebesar 9765,74 cal/g atau 40859,86 kJ/kg (*Lampiran 3*) sedangkan kandungan LHV yang dihasilkan untuk bioetanol dari ubi kayu sebesar 29700 kJ/kg yang mana nilai LHV tersebut, (Edward, 2009).

Dalam 15 liter aren dapat menghasilkan 1 liter bioetanol dimana berikui ini adalah Tabel analisa biaya pembuatan satu liter bioetanol dari 15 liter aren :

Tabel 3. Analisa biaya dalam menghasilkan satu liter bioetanol (skala lab.)

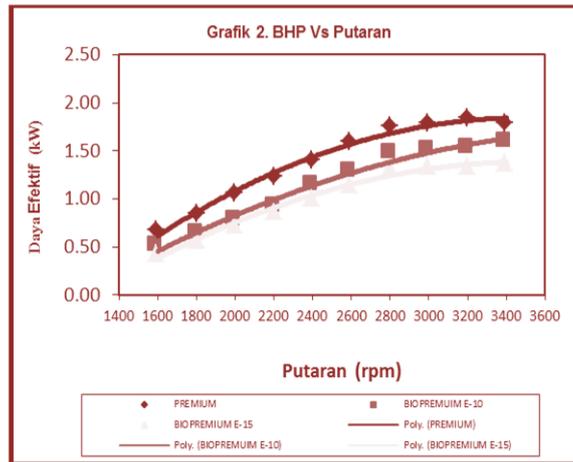
No	Bahan	Persatuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Nira Aren	15 liter	1.500/liter	22.500
2	Ragi	33 gr	2.500/11gr	7.500
			Total	30.000/liter

Catatan : Harga diluar modal dan ongkos kerja

2. Prestasi motor bensin

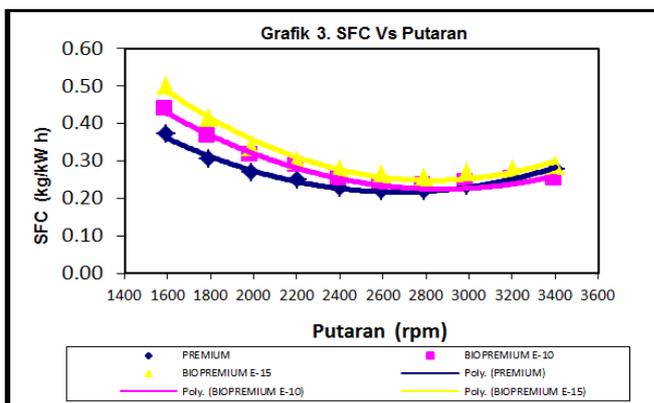
Dari hasil perhitungan, sebagaimana dalam tabel dan Grafik 1-6, yaitu hubungan antara Torsi (T), Daya efektif (Ne) dengan putaran. Dimana menunjukkan adanya kenaikan nilai torsi setiap kenaikan putaran untuk setiap konsentrasi bahan bakar. Nilai torsi untuk premium, rata-rata lebih tinggi dari biopremium (E-10 dan E-15). Untuk bahan bakar premium nilai torsi maksimum sebesar 6 Nm pada putaran 2800 rpm sedangkan biopremium (E-10) sebesar 6 Nm / 2800 rpm dan biopremium (E-15) sebesar 5 Nm/2800 rpm. Begitupula yang terjadi pada daya efektif maksimum untuk ketiga jenis bahan bakar (premium, E-10 dan E-15), daya efektif terjadi pada putaran 3200 rpm dimana premium menghasilkan daya efektif sebesar 1,842 Nm sedangkan biopremium (E-10) sebesar 1,601 Nm/3400 rpm dan biopremium (E-15) sebesar 1,352 Nm/3400 rpm. Hal ini disebabkan karena nilai kalor (LHV) yang dimiliki Biopremium (E-10 dan E-15) lebih rendah dari nilai kalor (LHV) yang dimiliki Premium. Selain itu juga kandungan yang terdapat pada biopremium (E-10 dan E-15) sebesar 4-5 % dapat menyebabkan kinerja mesin menurun. Kandungan air yang diijinkan untuk

pencampuran minimal 2%, karena makin besar kandungan air yang terdapat bahan bakar maka semakin besar pula pembakaran tidak sempurna sehingga hal tersebut dapat menurunkan kinerja dari mesin, (Zuhdi, dkk., 2005).



Gambar 3. Hubungan antara BHP dengan Putaran

Dari hasil perhitungan, terdapat hubungan putaran dengan SFC menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) seiring dengan meningkatnya putaran 1600 hingga 1800 rpm untuk setiap konsentrasi bahan bakar. Untuk konsumsi bahan bakar spesifik yang terbesar terjadi pada putaran 3400 rpm, dimana untuk biopremium (E-15) sebesar 0,282 kg/kW.hr sedangkan pada putaran yang sama biopremium (E-10) sebesar 0,246 kg/kW.hr dan premium sebesar 0,279 kg/kW.hr. Hal ini menunjukkan SFC cenderung terus meningkat setelah mencapai torsi maksimum (2500 rpm) ini disebabkan bertambah besar laju aliran massa bahan bakar, sedangkan jumlah bahan bakar yang terbakar masih sedikit, jika dibandingkan dengan premium. Besarnya kandungan air yang terdapat pada etanol sebesar 3,3% yang digunakan untuk pencampuran dengan premium dapat mempengaruhi waktu pembakaran bahan bakar, (Zuhdi, dkk., 2005).

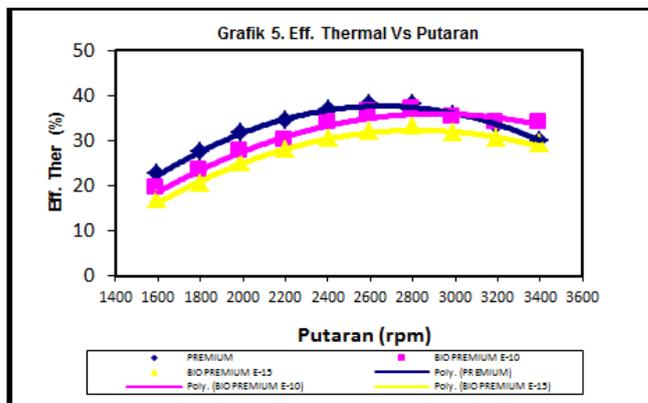


Gambar 4. Hubungan antara SFC dengan Putaran

Dari hasil perhitungan, terdapat hubungan AFR dengan putaran menunjukkan bahwa nilai AFR cenderung naik seiring dengan naiknya putaran untuk setiap konsentrasi

bahan bakar. Nilai AFR_{act} pada putaran 1600 rpm, untuk premium sebesar 14,27 , sedangkan Nilai AFR_{act} untuk biopremium (E-10) sebesar 13,649 dan nilai AFR_{act} untuk biopremium (E-15) sebesar 11,940. Jadi tampak bahwa semakin tinggi konsentrasi campuran bahan dengan etanol maka semakin rendah perbandingan udara dengan bahan bakar. Hal ini mengindikasikan pembakaran yang terjadi kurang sempurna, karena kurangnya suply udara yang masuk kedalam ruang bakar. Hal ini dikarenakan kandungan 3,3% air dalam etanol, , (Zuhdi, dkk., 2005).

Dari hasil perhitungan, juga terdapat hubungan antara efisiensi volumetrik dengan putaran menunjukkan bahwa efisiensi volumetrik pada putaran 1600 rpm untuk setiap konsentrasi bahan bakar. Untuk Premium sebesar 38,652 % , biopremium (E-10) sebesar 33,152 % dan biopremium (E-15) sebesar 27,626 % . Jadi hal tersebut menunjukkan bahwa efisiensi volumetrik yang dihasilkan oleh biopremium/campuran, rata-rata lebih rendah dari premium murni, , (Zuhdi, dkk., 2005).



Gambar 5. Hubungan antara Effisiensi Thermal dengan Putaran

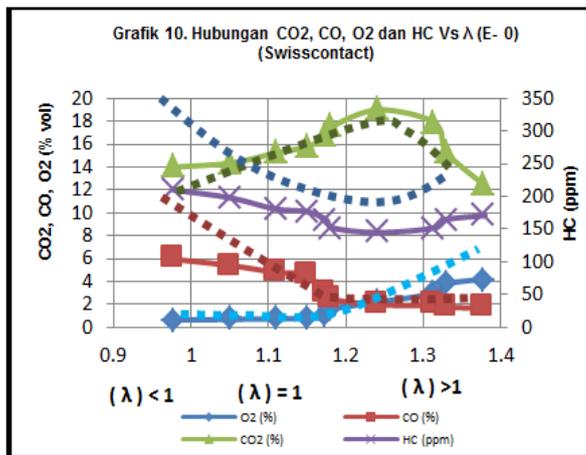
Dari hasil perhitungan, juga diperoleh hubungan antara efisiensi thermal dengan putaran menunjukkan bahwa efisiensi thermal dari bahan bakar premium lebih tinggi dari biopremium (E-10 dan E-15), dimana efisiensi thermal tertinggi sebesar 38,08 % terjadi pada premium pada putaran 2800 rpm. Sedangkan pada putaran yang sama efisiensi thermal untuk biopremium (E-10) sebesar 36,503,3% dan biopremium (E-15) sebesar 33,3 % . Setelah itu efisiensi thermal cenderung turun dengan bertambahnya putaran mesin. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kalor yang dikandung oleh biopremium (E-10 dan E-15) lebih rendah dari nilai kalor premium sehingga daya input dari bahan bakar biopremium lebih kecil dibandingkan dengan premium, , (Zuhdi, dkk., 2005)

2. Emisi gas buang

a. Oksigen (O_2)

Dari Tabel emisi gas buang Grafik 7-11 pada (Lampiran 23-28), menunjukkan bahwa kadar emisi O_2 pada putaran (1600 rpm) untuk bahan bakar premium (E-0) sebesar 0,65 % dengan koefisien kelebihan udara (λ) = 0.977 % , biopremium (E-10)

sebesar 0,60 % dengan koefisien kelebihan udara (λ) = 0,971 % dan biopremium (E-15) sebesar 0,57 % dengan koefisien kelebihan udara (λ) = 0,867 %. Standar yang ditentukan, (Swisscontact,2008), sebesar 0,5 - 2 %, sedangkan hasil pengujian kurang dari batas yang ditentukan maka dari ketiga konsentrasi bahan bakar yang diuji masih dalam keadaan normal. Perbandingan oksigen antara ketiga konsentrasi bahan bakar tersebut yang paling sempurna proses pembakarannya adalah biopremium (E-15) sebesar 0,57 %, kondisi ini menunjukkan dekat pada kondisi ideal. Semakin kecil nilai kadar oksigen semakin sempurna proses pembakarannya. Hal ini juga membuktikan bahwa kadar oksigen kurang mengindikasikan pembakaran terjadi pada campuran kaya.

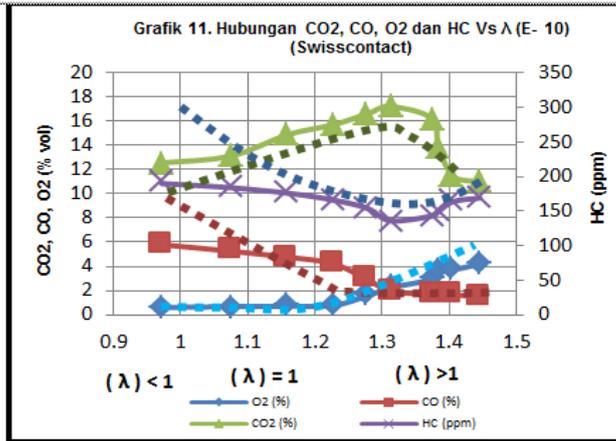


Gambar 6. . Hubungan CO₂, CO, O₂ dan HC Vs λ (E- 0) (Swisscontact)

b. Karbon Monoksida (CO)

Tabel emisi gas buang menunjukkan bahwa hubungan antara karbon monoksida (CO) dan koefisien kelebihan udara (λ) memperlihatkan kurva yang cenderung menurun. Kadar CO yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan kenaikan nilai koefisien kelebihan udara (λ), (Khovach, 1979). Hasil CO yang tertinggi diperoleh pada premium sebesar 5.95 % pada putaran 1600 rpm. Sedangkan yang terendah terdapat pada bahan bakar biopremium (E-15) sebesar 1,40 % pada putaran 3400 rpm. Emisi gas buang CO terbentuk akibat kurangnya oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung tidak sempurna karena banyak atom C (karbon) yang tidak mendapatkan cukup oksigen.

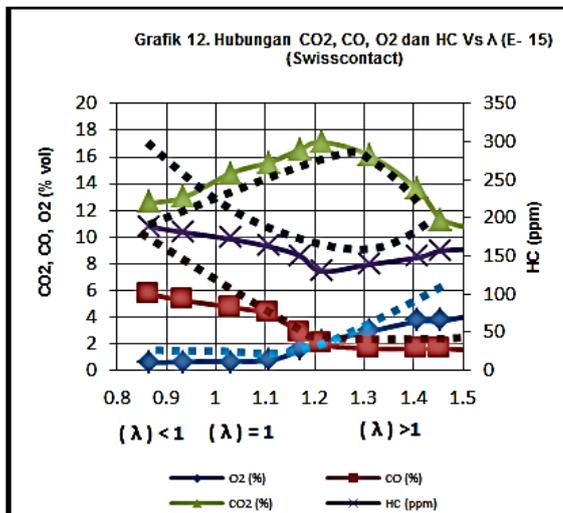
Menurut aturan pemerintah untuk motor 4 langkah tahun pembuatan dibawah 2010, kadar CO \leq 5,5 % sesuai dengan [15]. Sementara data hasil emisi gas buang yang diperoleh untuk setiap putaran pada konsentrasi bahan bakar (premium, E-10 dan E-15), kadar CO yang dihasilkan semua memenuhi ambang batas yang ditetapkan kecuali untuk putaran 1600 pada semua jenis konsentrasi bahan bakar.



Gambar 7. Hubungan CO₂, CO, O₂ dan HC Vs λ (E- 10) (Swisscontact)

c. Karbon Dioksida (CO₂)

Dari Tabel emisi gas buang pada Grafik 7-11 menunjukkan bahwa hubungan karbon dioksida dan koefisien kelebihan udara (λ) memperlihatkan kurva yang cenderung naik dan berada didaerah pembakaran kaya. Semakin tinggi kadar karbon dioksida mengindikasikan pembakaran lebih baik. Hasil karbon dioksida (CO₂) yang tertinggi diperoleh pada bahan bakar premium (E-0) sebesar 18,25 % pada putaran 2800 rpm. Sedangkan yang terendah terdapat pada biopremium (E-15) sebesar 10,56 % pada putaran 3400 rpm. Pembentukan Karbon dioksida (CO₂) menandakan sebagai hasil pembakaran yang sempurna sehingga campuran bahan bakar dan udara yang sempurna akan menghasilkan senyawa CO₂ yang besar pula.



Gambar 8. Hubungan CO₂, CO, O₂ dan HC Vs λ (E- 15) (Swisscontact)

PENUTUP

1. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan bioetanol dilakukan dengan menggunakan destilasi sederhana tanpa proses dehidrasi. Kadar alkohol bioetanol dari aren yang dihasilkan sebesar 96,7% dan air sebesar 3,3%.
2. Prestasi motor bensin berbahan bakar campuran bioetanol (E-10 dan E-15) lebih kecil dibanding prestasi motor bensin berbahan bakar premium. Untuk perbandingan biopremium (E-10) dengan premium diperoleh penurunan kinerja mesin dengan perbedaan daya efektif maksimum dan torsi maksimum yaitu 29,3% dan 10% sedangkan untuk biopremium (E-15) sebesar 43,9% dan 15%. Hal tersebut disebabkan kandungan nilai kalor biopremium (E-10 dan E-15) yaitu 42910 kJ/kg dan 42899 kJ/kg lebih kecil dibanding nilai kalor premium yaitu 43051 kJ/kg.
3. Hasil emisi gas buang bahan bakar Biopremium E-10 dan E-15 lebih kecil daripada premium. Dimana kadar E-10 adalah CO₂: 12,56% (idle), CO: 5,8% (idle), O₂: 0,57% dan HC: 190 ppm dan E-15 CO₂: 12,53% (idle), CO: 5,7% (idle), O₂: 1% dan HC: 188 ppm. Jadi biopremium (E-10 dan E-15) cukup ramah terhadap lingkungan.
4. Komponen-komponen utama mesin yaitu silinder head, torak dan katup yang menggunakan bahan bakar Biopremium (E-10) pada pengujian ketahanan mesin selama 200 jam operasi, hanya mendapatkan dampak kerusakan yang sangat kecil. Oleh sebab itu, dari pengujian tersebut, dapat dikatakan bahwa biopremium (E-10) masih layak untuk digunakan dalam pengoperasian walaupun prestasi kerja mesin yang dihasilkan masih kecil, dibandingkan dengan prestasi kerja mesin yang menggunakan bahan bakar premium.
5. Besar perbandingan selisih volume pelumas dengan penggunaan bahan bakar Biopremium (E-10) dari aren setelah uji ketahanan mesin dengan selisih volume pelumas dari Biopremium (E-10) dari ubi kayu adalah 10 ml.

REFERENSI

- Amiruddin. A, Surasa. Tj, Harlim. Tj, Genisa. A, Amiruddin. K, Pudjiatmaka. Hadyana, 1993. *Kamus Kimia*, Departemen Pendidikan & Kebudayaan, Jakarta.
- Domkundwar, V.M, 2001. *Course of Internal Combustion Engine*, Dhanpat Raid & Company, New Delhi.
- Edward Yustinus K, M. 2009. "*Penelitian Pengaruh Penggunaan Campuran Bahan Bakar Ethanol dengan Premium Terhadap Prestasi Motor Bensin*". Tesis. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Heywood John B.1989. "*Internal Combustion Engine Fundamentals.*" MC. Graw Hill Book co Singapore
- Anonim, 2006. Intisari, April 2006
- Anonim, 2009. Penelitian dan Pengembangan Pertanian, *Jurnal Warta*, Vol. 32 No.1.
- Khovach. M, 1979. *Motor Vehicle Engines MIR Publishers*. Moscow
- Nur, Arifin, dan S, Budi, Widodo, 2006. *Karakteristik Performa Mesin Berbahan-Bakar Bensin-Etanol*. Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik. Bandung.

- Pulkrabek W. Willard, 1996. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. University of Wisconsin, Platteville, New Jersey, USA.
- Rahayuningsih. 2005. "Alternatif dan Kemauan Politik Pemerintah" www.pikiranrakyat.com/cetak/2005/1005/13/cakrawala/utama02.htm
- Anonim, 2008. KepMen.no.32.tanggal 28 september 2008. www.esdm.go.id/
- Anonim, 2010, www.Sinartani.com/edisi 10 -16 september 2010.
- Nur, Arifin, dan S, Budi, Widodo, 2006. *Karakteristik Performa Mesin Berbahan-Bakar Bensin-Etanol*. Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik. Bandung.
- Anonim, 2007. Suara merdeka, 23 oktober 2007
- Swisscontact. 2001. *Analisa Motor Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi Gas Buang*, Swisscontact Jakarta.
- Zuhdi Aguk , dkk, 2005, "Ketahanan Motor Diesel dengan menggunakan Jelantah Methyl Ester sebagai bahan bakar suplemen" *Jurnal Ilmiah ITS Surabaya*.

