

## Kaji Eksperimental Performansi Bahan Bakar Campuran Premium 92 Dengan Bioetanol Sagu

Yovial Mahyoedin<sup>1)</sup>, Suryadimal<sup>1)</sup>, Roberto<sup>1)</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Jl. Gajah Mada No. 19 Olo Nanggalo Padang 25143, Indonesia.

Email : jmahyoedin@yahoo.com,suryadimal@yahoo.com,bert\_luffy@yahoo.co.id

### Abstrak

Bioetanol merupakan sumber energi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan karena bahan bakunya di Indonesia berlimpah. Salah satu sumber hayati yang sangat prospektif dimanfaatkan sebagai bahan baku adalah sagu (*Metroxylon spp*). Pembuatan bioetanol dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi. Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan komposisi terbaik penggunaan bahan bakar campuran premium 92 dengan bioetanol sagu. Pengujian dilakukan dengan mengamati prestasi motor bakar bensin dengan parameter prestasi yang terdiri dari daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik, perbandingan udara bahan bakar, efisiensi volumetrik, dan efisiensi thermal brake. Dalam penelitian dilakukan variasi campuran premium 92-bioetanol sagu yaitu BE-20 dan BE-30 pada putaran 800 rpm, 1000 rpm, 1200 rpm, 1400 rpm, serta pada beban 3 kg dan 4 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahan bakar premium 92-bioetanol sagu menghasilkan daya efektif maksimum pada putaran 1400 rpm, sedangkan pemakaian bahan bakar dan perbandingan udara bahan bakar bioetanol sagu lebih rendah dari premium 92. Dapat disimpulkan tingkat efisiensi volumetrik dan efisiensi thermal brake pada campuran bahan bakar premium 92-bioetanol sagu lebih tinggi dari premium 92. Penelitian merekomendasikan hasil terbaik untuk digunakan adalah campuran premium 92 dengan bioetanol sagu (Gasohol E-20).

**Kata Kunci:** Biofuel, bioetanol, sagu, performansi, daya efektif.

### Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar fosil yang berterusan untuk memenuhi sebagian besar permintaan energi dunia terancam oleh meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dan kekhawatiran atas pemanasan global [1]. Bahan bakar fosil bertanggung jawab atas 73% produksi CO<sub>2</sub> [2]. Kesadaran tinggi atas isu pemanasan global telah meningkatkan minat dalam pengembangan metode untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Banyak upaya pengontrolan emisi saat ini berfokus pada teknologi maju, seperti: (i) mengurangi konsumsi energi, (ii) meningkatkan efisiensi konversi energi atau pemanfaatannya, (iii) beralih pada bahan bakar dengan kandungan karbon yang lebih rendah, (iv) meningkatkan sumber alami CO<sub>2</sub>, dan (v) menangkap dan menyimpan CO<sub>2</sub>. Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil akan jauh mengurangi jumlah CO<sub>2</sub> yang diproduksi, sekaligus mengurangi kadar polutan. Sekaitan dengan kekhawatiran pemanasan global dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, pencarian sumber energi

terbarukan yang dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> menjadi kajian yang mendapat perhatian luas. Untuk mengurangi kontribusi emisi pada atmosfer, bioetanol telah dikenal sebagai alternatif bahan bakar transportasi yang potensial. [3,4,5]. Campuran 10% etanol kering dan bensin diperkenalkan di US dan dipasarkan secara komersil. Uni Eropa mengadopsi proposal penggunaan biofuel untuk bensin dan solar, dengan jumlah minimum 2% pada 2005 dan meningkat secara bertahap hingga 5.75% pada 2010 [6].

Ketika mempertimbangkan alternatif bahan bakar, beberapa isu penting perlu menjadi perhatian. Bioetanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Bahan bakar berbasis produk proses biologi seperti bioetanol dapat dihasilkan dari hasil pertanian yang tidak layak/tidak dapat dikonsumsi, seperti dari sampah/limbah pasar, limbah pabrik gula (tetes/mollases). Yang penting bahan apapun yang mengandung karbohidrat

(gula, pati, selulosa, dan hemiselulosa) dapat diproses menjadi bioetanol.

Bioetanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi, batas kemudahan terbakar yang lebih luas, kecepatan nyala lebih tinggi dan panas penguapan lebih tinggi dari bensin. Properti ini memungkinkan rasio kompresi yang lebih tinggi, waktu pembakaran lebih pendek dan mesin yang lebih ramping, yang mengarah pada keunggulan efisiensi teoritis lebih baik dari bensin dalam mesin pembakaran dalam [7]. Kekurangan bioetanol, meliputi kepadatan energi yang lebih rendah daripada bensin (bioetanol memiliki 66% dari energi yang dimiliki bensin), korosif, nyala pengapian rendah, tekanan uap rendah (membuat *cold start* sulit), bercampur dengan air, dan beracun terhadap ekosistem [8].

Campuran paling populer untuk kendaraan ringan dikenal sebagai E85, dan mengandung 85% bioetanol dan 15% bensin. Di Brazil, bioetanol untuk bahan bakar berasal dari tebu dan digunakan murni atau dicampur dengan bensin dalam campuran yang disebut gasohol (24% bioetanol, 76% bensin) [4]. Etanol saat ini menyediakan lebih dari 40% dari bahan bakar yang dikonsumsi oleh mobil dan truk ringan [2]. Di beberapa negara bagian Amerika Serikat, sejumlah kecil bioetanol (10% volume) ditambahkan ke bensin, yang dikenal sebagai E10 atau gasohol. Campuran dengan konsentrasi bioetanol lebih tinggi juga biasa digunakan, misalnya dalam kendaraan bahan bakar fleksibel yang dapat beroperasi pada campuran hingga 85% bioetanol-E85 [9]. Beberapa negara yang telah menjalankan program biofuel dengan melibatkan dua bentuk campuran bioetanol bensin, misalnya Amerika Serikat (E10 dan E85 untuk Flexible Fuel Vehice (FFV)), Kanada (E10 dan E85 untuk FFV), Swedia (E5 dan E85 untuk FFV), India (E5), Australia (E10), Thailand (E10), Cina (E10), Columbia (E10), Peru (E10), Paraguay (E7), dan Brazil (E20, E25 dan FFV campuran apapun) [10].

Namun, Kar et al. [11] menyebutkan bahwa penambahan etanol menyebabkan perubahan non-linear dalam tekanan uap campuran. Meskipun etanol memiliki tekanan uap lebih rendah daripada bensin, kadar etanol meningkat sampai 30% tekanan uap juga meningkat, tetapi penambahan etanol lebih lanjut akan menyebabkan penurunan tekanan uap. Fenomena ini menyebabkan efek pendinginan maksimum ada disekitar 50% kadar etanol.

Tabel 1. *Property* beberapa bahan alami

Bahan Baku (BB)		Kandungan Gula Dalam BB (Kg)	Jumlah Konversi Bioetanol (Liter)	Perbandingan BB dan Bioetanol
Jenis	Berat (Kg)			
Ubi Kayu	1000	250-300	166.6	6,5:1
Ubi Jalar	1000	150-200	125	8:1
Jagung	1000	600-700	200	5:1
Sagu	1000	120-160	90	12:1
Tetes	1000	500	250	4:1

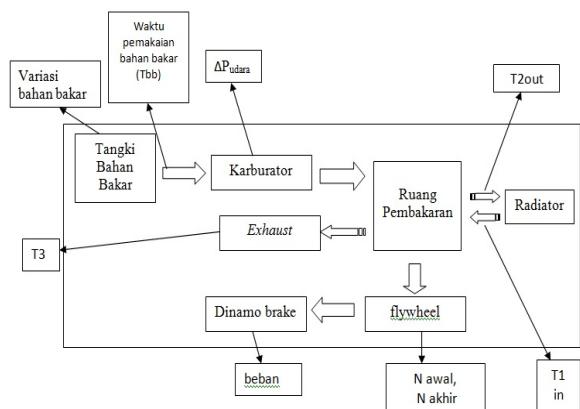
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membahas pengaruh bahan bakar campuran premium 92 dengan bioetanol dari sagu terhadap prestasi motor bensin. Sagu berpotensi menjadi bioetanol bahan bakar nabati (BBN) karena kandungan karbohidratnya cukup tinggi, sekitar 85% dan kandungan kalori 357 kalori. Jadi diperkirakan kalau menggunakan tepung sagu tersebut dari 6,5 kg tepung akan dihasilkan 3,5 liter bioetanol [12]. Tabel 1. Menunjukkan *property* beberapa bahan alami yang dapat digunakan sebagai sumber etanol.

### Metodologi

Alat yang digunakan untuk pengujian meliputi motor bakar bensin, tachometer, thermometer digital, dan stopwatch.

Bahan bakar yang digunakan merupakan campuran premium 92 (P92) dan bioetanol, dengan komposisi bioetanol masing-masing 20% wt (BE-20) dan 30% wt (BE-30). Pemilihan komposisi tersebut sesuai dengan Ajav and Akingbehin [13], yang menyimpulkan bahwa persentase campuran etanol 20% lebih dapat mewakili sifat-sifat bahan bakar untuk penggunaan pada engine.

Pada pengujian ini yang akan diamati adalah Daya efektif ( $Ne$ ), Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( $sfc$ ), Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR), Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ ), dan Efisiensi *Thermal Brake* ( $\eta_t$ ). Pengambilan data dilakukan dengan mengikuti skema seperti gambar 1 berikut:

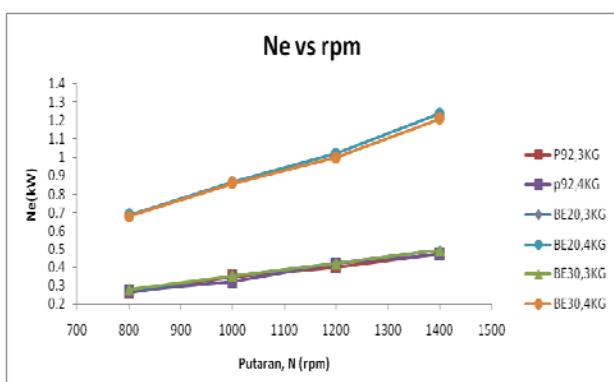


Gambar 1. Skema Pengambilan Data

## Hasil dan Pembahasan.

### a. Daya efektif (Ne).

Daya efektif adalah daya yang keluar dari poros mesin yang digunakan untuk menggerakkan beban. Pada pembebahan 3 kg, daya maksimum yang dikeluarkan mesin untuk bahan bakar BE20 (bioetanol 20%) dan BE30 (bioetanol 30%) adalah sebesar 0.48 kW, pada putaran 1400 rpm. Seperti terlihat pada gambar 2, daya tersebut lebih besar dibandingkan dengan daya maksimum yang dihasilkan bahan bakar premium 92 murni (P92) yang mengeluarkan daya sebesar 0.473 kW. Sedangkan pada beban 4 kg, daya maksimum yang dihasilkan masing-masing adalah 1.237 kW dan 1.21 kW untuk campuran BE20 dan BE30, masing-masing pada putaran 1400 rpm. Daya yang dihasilkan pada pembebahan ini juga lebih tinggi dibanding daya yang dihasilkan oleh bahan bakar P92 sebesar 0.47 kW



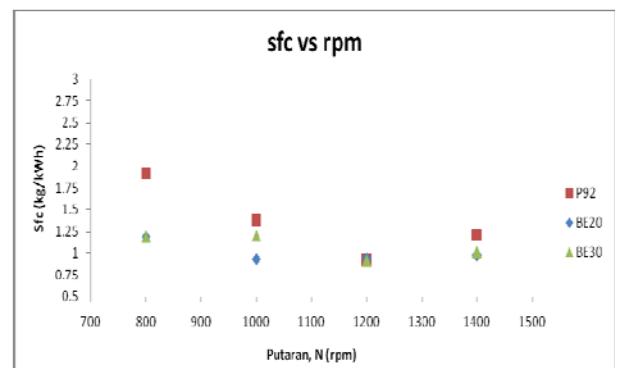
Gambar 2. Daya Efektif vs Putaran pada beban 3 dan 4 kg

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perubahan energi dari energi kimia pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada torak terlihat terjadi lebih baik pada bahan bakar campuran. Hasil ini juga menunjukkan bahwa campuran bensin-bioetanol memiliki angka oktan yang lebih

tinggi dibanding bensin murni, batas kemudahan terbakar yang lebih luas, kecepatan nyala lebih tinggi serta panas penguapan lebih tinggi. Hasil yang sama dilaporkan oleh Mel et al [14]. Mereka melakukan penelitian performansi engine yang menggunakan campuran bioetanol-premium dengan komposisi 5 hingga 35%. Penelitian yang dilakukan itu juga menggunakan sagu sebagai bioetanol.

### b. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc).

Pemakaian bahan bakar spesifik merupakan perbandingan banyaknya pemakaian bahan bakar setiap jam tiap daya yang dihasilkan. Dari penghitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc), pemakaian bahan bakar yang paling besar adalah P92 pada putaran 800 rpm sebesar 4,8kg/kwh. Sedangkan campuran BE20 dan BE30 mengkonsumsi bahan bakar lebih irit dibandingkan dengan P92 dengan putaran yang sama sebesar 2,58kg/kWh.

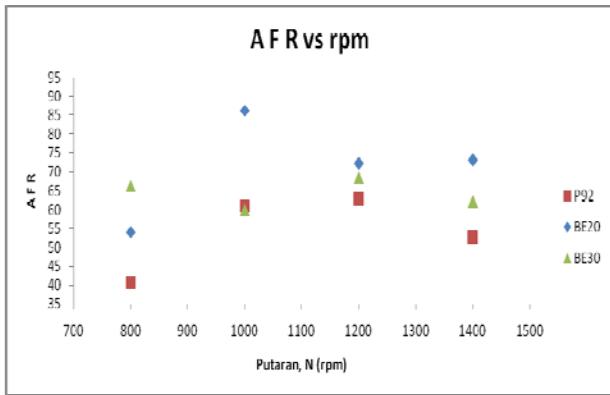


Gambar 3. Sfc vs Putaran pada beban 4 kg

Hasil yang sama juga diperoleh pada pembebahan 4 kg, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Bahan bakar P92 memiliki nilai sfc paling besar yaitu sebesar 1,91 kg/kWh pada putaran 800 rpm, dan nilai sfc paling kecil sebesar 0,92 kg/kWh pada putaran 1200 rpm. Sedangkan bahan bakar campuran BE30 memiliki nilai sfc terbesar pada putaran 1400 rpm dengan nilai 1,22 kg/kWh dan nilai sfc terkecil pada putaran 800 rpm sebesar 0,8 kg/kWh.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar campuran premium-bioetanol lebih baik dibanding bahan bakar premium murni, karena harga pemakaian bahan bakar spesifik yang makin kecil/rendah menunjukkan efisiensi yang makin tinggi. Mel et al [14] memperoleh hasil yang sama pada penelitian yang dilakukan mereka dengan menggunakan campuran bioetanol sagu dan premium.

### c. Perbandingan Udara Bahan Bakar (AFR)



Gambar 4. AFR vs Putaran pada beban 4 kg

Perbandingan udara dan bahan bakar dinyatakan dalam bentuk volume atau berat dari bagian udara dan bensin. Bahan bakar harus dapat terbakar seluruhnya agar menghasilkan tenaga yang besar dan meminimalkan tingkat emisi gas buang, oleh karena itu nilai AFR yang baik seharusnya berada pada range yang ideal.

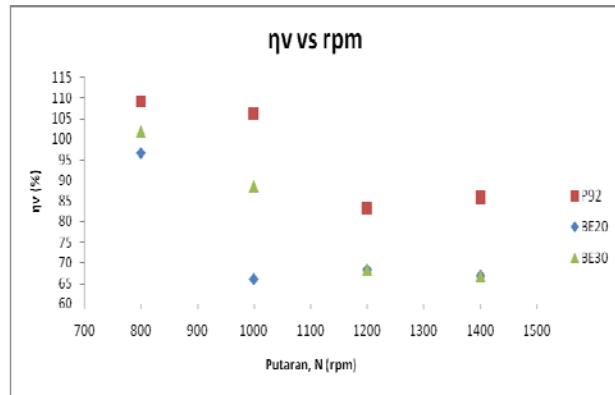
Dalam penelitian ini, nilai AFR tertinggi dari bahan bakar P92 terdapat pada putaran 1400 rpm sebesar 64,47 untuk pembebahan 3 kg. Pada putaran yang sama, AFR untuk campuran BE20 dan BE30 diperoleh sebesar 60,03 dan 90,42.

Pada pembebahan 4 kg, nilai AFR terkecil bahan bakar P92 adalah 40,79 pada putaran 800 rpm, sedangkan AFR terbesar terdapat pada putaran 1200 rpm dengan nilai 62,8. Sedangkan pada bahan bakar campuran BE20 nilai AFR terbesar pada putaran 1000 rpm yakni 86.21, dan nilai AFR terkecil pada putaran 800 rpm dengan nilai 53,87 (gambar 4.).

Dapat di perhatikan bahwa semakin kecil perbandingan udara terhadap bahan bakar maka deposit karbon yang terbentuk akan semakin banyak, karena sisa pembakaran (C) akan lebih besar nilainya. Penumpukan kerak juga akan turut dipengaruhi oleh kondisi mesin itu sendiri, dimana kondisi seal klep, ring piston, liner yang sudah aus akan menambah deposit kerak secara signifikan karena adanya oli yang ikut terbakar sisanya menetap di kepala piston, penyetingan karburator secara benar akan turut menurunkan tingkat sisa pembakaran ini secara signifikan juga.

#### d. Efisiensi Volumetrik ( $\eta_v$ )

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi volumetrik untuk P92 diperoleh sebesar 85.60% pada pembebahan 3 kg dengan putaran 1400. Pada pembebahan dan putaran yang sama, efisiensi volumetrik campuran bahan bakar BE20 dan BE30 diperoleh masing-masing sebesar 66.94% dan 66.94% (gambar 5).



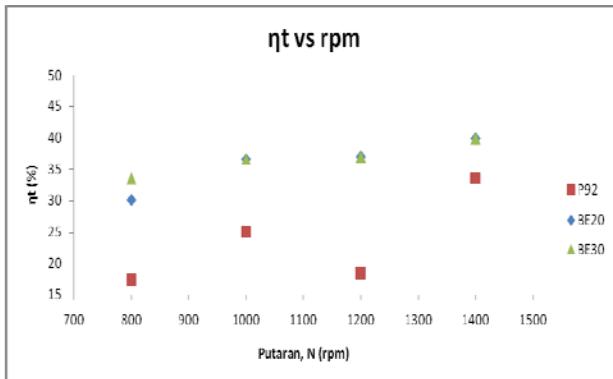
Gambar 5  $\eta_v$  vs Putaran pada beban 3 kg

Sedangkan pada pembebahan 4 kg, efisiensi volumetrik untuk P92 pada putaran 1400 rpm adalah sebesar 84.95%, hampir sama dengan efisiensi volumetrik pada campuran bahan bakar BE30 sebesar 85.21%. Sedangkan efisiensi volumetrik pada campuran bahan bakar BE20 mempunyai nilai lebih besar yaitu 95.92%.

Suatu komposisi volume jumlah kuantitas yang didapatkan dari perbandingan antara volume jumlah kuantitas udara yang masuk ke ruang bakar dengan volume daya tenaga akselerasi pergerakan dari langkah piston. Udara yang dihisap masuk silinder selalu mengalami hambatan aliran sehingga aliran udara mengalami kehilangan energi, disamping itu udara hisap juga menyerap panas dari saluran hisap terutama pada ujung saluran hisap yang ada katup masuknya. Karena menyerap panas temperatur udara menjadi naik dan menyebabkan massa jenis turun tetapi menaikkan nilai viskositasnya. Dengan kondisi tersebut udara lebih sulit mengalir dengan massa per satuan volumenya juga berkurang. Efisiensi siklus otto akan naik apabila rasio kompresinya dinaikkan yaitu dari 6 – 12 HP. Kenaikan rasio kompresi mesin otto dibatasi oleh peristiwa knocking.

#### e. Efisiensi Thermal Brake ( $\eta_t$ ).

Berdasarkan penghitungan yang didapat pada pembebahan 3 kg, nilai efisiensi thermal brake tertinggi dari campuran bahan bakar BE20 dan BE30 sebesar 39.93%. Sedangkan nilai efisiensi thermal brake untuk P92 lebih rendah dari nilai efisiensi thermal brake kedua bahan campuran diatas, yakni sebesar 33.54%.



Gambar 6.  $\eta_t$  vs Putaran untuk Beban 3 kg

Untuk pembebanan 4 kg, efisiensi thermal brake pada putaran 1400 rpm yang mempunyai nilai tertinggi ada pada campuran bahan bakar BE20 sebesar 86.24%. Campuran bahan bakar BE30 dan P92 mempunyai nilai efisiensi thermal brake masing-masing 82.57% dan 70.02%. Pugazhvadivu melaporkan bahwa efisiensi thermal brake cenderung meningkat seiring peningkatan beban. Hal ini disebabkan oleh pengurangan pada rugi-rugi panas serta peningkatan daya yang dikembangkan seiring peningkatan beban.

## Kesimpulan

Pengujian yang dilakukan membuktikan bahwa campuran bahan bakar dengan bioetanol memperbaiki pembakaran sempurna pada motor bakar bensin dan meningkatkan performa motor bakar bensin.

Penelitian mendapatkan bahwa bahan bakar BE20 (Premium 92 80% - Bioetanol 20%) adalah campuran bahan bakar yang paling efisien. Grafik daya efektif vs putaran seperti pada Gambar 2. menunjukkan salah satu dari hasil yang diperoleh dari pengujian.

Keuntungan dari bioetanol adalah nilai oktannya lebih tinggi dari premium sehingga dapat mengantikan fungsi bahan aditif. Etanol yang absolute memiliki angka oktan 117, sedangkan pada premium hanya 87–88 kadar oktan. BE20 secara proposional memiliki angka oktan 92 atau setara pertamax. Pada komposisi ini bioetanol dikenal sebagai *octan enhancer* (aditif) yang paling ramah lingkungan.

## Referensi

- [1] Yu J, Corripi AB, Harrison OP, Copeland RJ. Analysis of the sorbent energy transfer system (SETS) for power generation and CO<sub>2</sub> capture. *Adv Environ* 2003;7:335–45.
- [2] Balat M., Havva Balat dan Cahide O. "Progress in bioethanol processing. *Progress in Energy and Combustion Science* 34 (2008) 551–573.
- [3] Demirbas A. Hazardous emissions, global climate change and environmental precautions. *Energy Sources B* 2006;1:75–84
- [4] de Oliveria MED, Vaughan BE, Rykiel Jr EJ. Ethanol as fuel: energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint. *BioScience* 2005;55:593–602
- [5] Neha Patni, Shibu G. Pillai, Ankur H. Dwivedi, Wheat as a Promising Substitute of Corn for Bioethanol Production, *Procedia Engineering*. 51 (2013) 355–362.
- [6] Syed Ameer Basha, K. Raja Gopal, S. Jebaraj, A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13, 6–7, (2009) 1628–1634
- [7] Alan C. Hansen, Qin Zhang, Peter W.L. Lyne. Ethanol–diesel fuel blends—a review. *Bioresource Technology* 96 (2005) 277–285
- [8] Balat M. Global bio-fuel processing and production trends. *Energy Explor Exploit* 2007;25:195–218.
- [9] MacLean HL, Lave LB. Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Prog Ener Combust Sci* 2003;29:1–69.
- [10] Malc-a J, Freire F. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): assessing the implications of allocation. *Energy* 2006;31:3362–80.
- [11] Kadiman OK. Crops: beyond foods. In: Proceedings of the 1st international conference of crop security, Malang, Indonesia, September 20–23, 2005.
- [12] Kar K, Last T, Haywood C, Raine R. Measurements of vapor pressures and enthalpies of vaporization of gasoline and ethanol blends and their effects on mixture preparation in an SI engine. *SAE paper 2008-01-0317*; 2008.
- [13] Ajav EA, Akingbehin OA. A study of some fuel properties of ethanol blended with diesel. *Agric. Eng. Int. CIGR J. Sci. Res. Dev. Manuscript EE 01 003 Vol. (4). 2002*
- [14] Mel. M., Ihsan S.I., Kamarudin M. H., Engine performance analysis from using blended gassoline and bioethanol produced from sago starch. *Proceeding CHEMEECA Conference*, 2011. Sydney, New South Wales, Australia
- [15] Pugazhvadivu M., Studies on the effect of ethanol addition to biodiesel: Performance and emissions of a diesel engine. *Indian Journal of Science and Technology* Vol.2 No. 11 (Nov. 2009) ISSN: 0974- 6846