

**ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN
BIOETANOL DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN
BAKAR ALTERNATIF CAMPURAN PERTALITE**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata II
Magister Teknik Mesin
Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh :

**Imam Prasetyo
NIM. U.100.15.0005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN BIOETANOL
DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF
CAMPURAN PERTALITE**

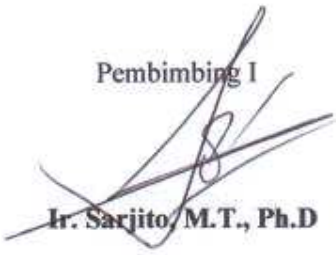
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

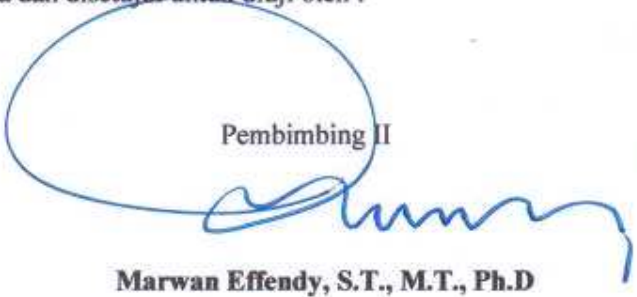
IMAM PRASETYO
U.100.15.0005

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Pembimbing I


Ir. Sarjito, M.T., Ph.D

Pembimbing II


Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG
KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN BIOETANOL
DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF
CAMPURAN PERTALITE**

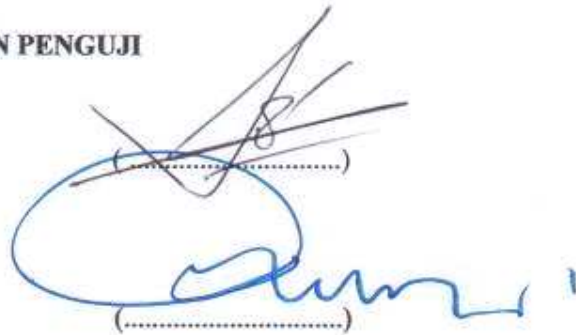
Oleh :

IMAM PRASETYO
U.100.15.0005

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada tanggal, 9 Februari 2018 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

DEWAN PENGUJI

1. **Ir. Sarjito, M.T., Ph.D**
(Ketua Dewan Penguji)



(.....)

2. **Marwan Effendy, S.T., M.T., Ph.D**
(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. **Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D***
(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)



**Direktur Sekolah Pascasarjana
Universitas Muhammadiyah Surakarta**



Prof. Dr. Bambang Sumardjoko

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, ²¹ Februari 2018



Penulis

Imam Prasetyo

NIM : U.100.15.0005

ANALISA PERFORMA MESIN DAN KADAR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MEMANFAATKAN BIOETANOL DARI BAHAN BAKU SINGKONG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF CAMPURAN PERTALITE

Abstrak

Bahan bakar fosil saat ini keberadaannya semakin langka, dan diperlukan langkah-langkah pencarian bahan bakar alternatif yang layak untuk menggantikan bahan bakar minyak, terutama bensin, yang kebutuhannya sangat banyak untuk kendaraan bermotor. Salah satu bahan bakar alternatif pengganti bensin adalah bioetanol (BE). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa bagaimana performa mesin dan kadar emisi gas buang kendaraan dari variasi jenis busi yang paling optimal dengan menggunakan bahan bakar campuran bioetanol dari bahan baku singkong. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar bioetanol, daya dan torsi yang dihasilkan dari mesin semakin meningkat seiring meningkatnya kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar. Lalu pada konsumsi bahan bakar semakin hemat dengan menggunakan bahan bakar BE 30%, hal ini didasarkan jarak tempuh dengan memakai bahan bakar BE 30% lebih jauh dari pada memakai bahan bakar pertalite 100%. Sedangkan hasil emisi gas buang pada kendaraan menunjukkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar bioetanol emisi gas buang yang dihasilkan semakin menurun seiring meningkatnya kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar dari pada emisi gas buang yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan Varian ANOVA satu jalan (Uji F) untuk daya, torsi dan kadar emisi HC, didapat nilai F hitung < F tabel, maka H_0 diterima, sehingga hasil dari setiap variasi bahan bakar tidak ada perbedaan yang signifikan. Namun untuk kadar CO, didapat nilai F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak, sehingga hasil dari setiap variasi bahan bakar ada perbedaan yang signifikan.

Kata Kunci : Bioetanol, Singkong, Performa Mesin, Emisi Gas Buang

Abstract

Fossil fuels currently its existence is increasingly rare, and necessary steps are search for fuels to replace petroleum fuels, especially gasoline, which needs very much to a motor vehicle. One of the alternative fuel substitute for gasoline is bioethanol (BE). The purpose of this research is to analyze how engine performance and level exhaust emission of vehicle from variation in the most optimal spark plug type by using bioethanol fuel from cassava raw material. From the test results show that by using bioethanol fuel, power and torque generated from the engine increases with the increase of bioethanol content in the fuel mixture. Then on fuel consumption is more efficient by using fuel 30% BE, this is based on distance by using fuel 30% BE farther than using fuel 100% pertalite. While the results of the exhaust emission on the vehicle show that by using fuel bioethanol exhaust emissions generated decreases the increasing as the increase of bioethanol in fuel mixture than on the exhaust emissions generated by using fuel 100% pertalite. And proved by statistical data analysis method with one way ANOVA Varian (F test) for power, torque and HC emissions levels, got F value count < F table, then H_0 is accepted, so that the result of each variation of fuel there is no difference significant. But for the CO, we get F count > F table, then H_0 is rejected, so the result of each variation of fuel there is a difference significant.

Keywords: Bioethanol, Cassava, Engine Performance, Exhaust Emission

1. Pendahuluan

Kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah sektor transportasi. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Karena minyak bumi adalah bahan bakar yang tidak bisa diperbarui maka kita harus mulai memikirkan bahan penggantinya. Sebenarnya di Indonesia terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang melimpah, seperti biodiesel dari tanaman jarak pagar, kelapa sawit maupun kedelai. Atau methanol dan ethanol dari biomassa, tebu, jagung, dll yang bisa dipergunakan sebagai pengganti bensin (Handayani, 2005).

Selain itu pembakaran bahan bakar fosil ini telah memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Kualitas udara yang semakin menurun akibat asap pembakaran minyak bumi, adalah salah satu efek yang dapat kita lihat dengan jelas. Kemudian efek gas rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas CO₂ hasil pembakaran minyak bumi. Seperti kita ketahui pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna akan menghasilkan gas CO₂, yang lama kelamaan akan menumpuk di atmosfer. Radiasi sinar matahari yang dipancarkan ke bumi seharusnya dipantulkan kembali ke angkasa, namun penumpukan CO₂ ini akan menghalangi pantulan tersebut. Akibatnya radiasi akan kembali diserap oleh bumi yang akhirnya meningkatkan temperatur udara di bumi (Handayani, 2005).

Salah satu sumber penyumbang karbondioksida adalah pembakaran bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil mulai meningkat pesat sejak revolusi industri pada abad ke-18. Pada saat itu, batu bara menjadi sumber energi dominan untuk kemudian digantikan oleh minyak bumi pada pertengahan abad ke-19. Sumber utama penghasil emisi karbondioksida secara global ada 2 macam. Pertama, pembangkit listrik bertenaga batu bara. Kedua, pembakaran kendaraan bermotor. Emisi gas rumah kaca harus dikurangi, jadi harus dibangun sistem industri dan transportasi yang tidak bergantung pada bahan bakar fosil yaitu minyak bumi dan batu bara. Maka untuk mengatasi hal ini diperlukan sumber energi alternatif yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sekaligus dapat mengurangi emisi karbondioksida. Salah satu sumber energi yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah bahan bakar nabati yaitu bioetanol (Indartono, 2005).

Bioetanol adalah alkohol yang diproduksi dari tumbuh-tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme melalui proses fermentasi (Indartono, 2005). Pengenalan energi alternatif ini juga merupakan upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak di Indonesia. Bioetanol merupakan bentuk sumber energi alternatif yang menarik untuk dikembangkan karena kelimpahannya di Indonesia dan sifatnya yang dapat diperbarui. Ada 3 kelompok bahan penghasil bioetanol yaitu nira bergula, pati, dan bahan serat alias lignoselulosa. Semua bahan baku bioetanol itu mudah didapatkan dan dikembangkan di Indonesia yang memiliki lahan luas dan subur.

Sehingga bioetanol mungkin menjadi calon bahan bakar alternatif dan banyak studi yang dilakukan untuk mengembangkan bahan bakar ini. Bioetanol memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar fosil yang dapat langsung dicampur dalam tangki bahan bakar, disuntikkan ke ruang bakar dan dibakar untuk mengurangi emisi gas buang. Bahan ini berasal dari sumber daya terbarukan yang tidak terbatas dalam bentuk tanaman yang dapat tumbuh dengan baik atau biomassa yang mengandung gula, pati atau

selulosa. Dengan mencampurkan bioetanol dengan fosil bahan bakar berbasis dalam mesin bensin dapat membantu memperpanjang umur pasokan bahan bakar, menjamin keamanan yang lebih dalam pasokan bahan bakar besar, meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi hidrokarbon (HC) dan emisi karbon monoksida (CO). Selain itu, lebih tinggi panas campuran bensin bioetanol membuat campuran yang lebih baik, yang mengarah ke pembakaran yang lebih sempurna. Sehingga mengurangi masalah lingkungan, meningkatkan ekonomi pertanian dan menghindari ketergantungan pada negara-negara bahan bakar penghasil fosil (Zhang, 2013).

Penelitian tentang pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar pernah dilakukan oleh Mohsen Ghazikhani dkk. (2013), dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen tentang pengaruh suhu gas buang dan kadar emisi gas buang dari kinerja mesin bensin 2 tak menggunakan bahan bakar bensin campuran etanol. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran meningkat dengan meningkatnya prosentase etanol dalam bahan bakar bensin, karena sifat etanol yang mudah penguap sehingga pembilasan diruang bakar semakin baik dan hasil yang paling menonjol dari menggunakan etanol adalah penurunan polusi yang signifikan yang dipancarkan dari mesin yaitu kadar CO dengan pengurangan 35% memiliki prosentase penurunan terbesar diantara polutan lainnya. Serta sebagian besar emisi meningkat dengan meningkatkan suhu gas buang, tapi hidrokarbon (HCs) pada rata-rata mengalami penurunan sebesar 30% pada peningkatan suhu gas buang.

Xiaochen Wang dkk. (2015), dalam penelitiannya melakukan perbandingan karakteristik pembakaran dan emisi gas buang dengan menggunakan bahan bakar E10W, E10 dan bensin murni (EO) dengan beban mesin yang berbeda yaitu 20 Nm, 50 Nm dan 100 Nm, serta dalam percobaan ini dilakukan dengan kecepatan mesin tetap yaitu 2000 rpm. Menurut hasil eksperimennya dibandingkan dengan E0, E10W menunjukkan lebih tinggi puncak tekanan dalam silinder pada beban tinggi, serta kenaikan tingkat pelepasan panas puncak diamati untuk bahan bakar E10W di semua kondisi operasi. Penggunaan E10W meningkatkan kadar NO_x pada kisaran beban tinggi. Namun, pada beban kondisi rendah, E10W dapat mengurangi kadar HC, CO dan CO₂ secara signifikan. Dibandingkan dengan E10, E10W menunjukkan puncak tekanan yang lebih tinggi di dalam silinder. Selain itu, penurunan NO_x emisi diamati untuk E10W dari 5 Nm menjadi 100 Nm, sedangkan HC, CO dan CO₂ emisi sedikit lebih tinggi pada kondisi beban rendah dan menengah.

Paolo Iodice dkk. (2013), melakukan penelitian yang cukup simple yaitu pengujian emisi pada sepeda motor dalam keadaan mesin belum mencapai suhu kerja dengan menggunakan bahan bakar bensin di campur dengan etanol. Pada penelitian ini kadar etanol yang digunakan sebesar 10%, 20%, 30% serta kadar emisi yang di ukur hanya CO dan HC. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar emisi CO dan HC pada mesin dingin menurun dengan menggunakan bahan bakar etanol-bensin dibandingkan dengan penggunaan bensin tanpa timbal, serta faktor kadar emisi pada mesin dingin yang dikuantisasi sebagai fungsi dari prosentase etanol dalam bahan bakar.

Bambang Sudarmanta dkk. (2016), dalam penelitiannya melakukan studi eksperimen tentang pengaruh rasio kompresi dan waktu pengapian untuk mengetahui kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50. Dari hasil penelitian didapat bahwa kenaikan rasio kompresi meningkatkan kinerja mesin dengan menggunakan bahan bakar E50, untuk

waktu pengapian secara bertahap meningkat mulai dari 18° BTDC pada putaran mesin 2000 rpm sampai 26° BTDC pada putaran mesin 5000 rpm dengan menggunakan bahan bakar E50. Kemudian dengan menambahkan rasio kompresi pada bahan bakar E50 dapat mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik 13,42 % dan meningkatkan thermal efisiensi 14,67 %.

Yanuandri Putrasari dkk. (2013), yang dilakukan dalam penelitiannya yaitu solar dicampur dengan etanol dengan kadar E2.5%, E5%, E7.5%, E10% dan percobaan ini dilakukan dalam berbagai beban mesin yang berbeda dari 0,10, 20, 30, 40, 50, 60 Nm untuk mengetahui perubahan parameter pada mesin diesel yaitu konsumsi bahan bakar, efisiensi thermal, suhu gas buang dan suhu minyak pelumas, sedangkan untuk karakteristik emisi gas buang parameter yang di ukur kadar CO dan HC. Hasil penelitian ini didapat bahwa tenaga mesin menunjukkan rata-rata peningkatan tekanan efektif dengan meningkatnya prosentase etanol, untuk konsumsi bahan bakar spesifik menurun dengan meningkatnya prosentase etanol, lalu penurunan suhu gas buang dan peningkatan suhu minyak pelumas yang sesuai dengan penambahan prosentase etanol dalam campuran. Serta hasil karakteristik emisi gas buang CO, HC menurun karena peningkatan prosentase etanol dalam campuran.

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Etanol merupakan kependekan dari etil alkohol (C₂H₅OH); sering pula disebut grain alcohol atau alkohol. Wujud dari etanol berupa cairan yang tidak berwarna, mudah menguap dan mempunyai bau yang khas. Berat jenisnya adalah sebesar 0,7939 g/mL, dan titik didihnya 78,320 C pada tekanan 766 mmHg. Sifat lainnya adalah larut dalam air dan eter, serta mempunyai panas pembakaran 7093.72 kkal. Etanol digunakan dalam beragam industri seperti sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetik, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin alkohol (gasohol) (Berg. C, 2004).

Pemakaian etanol sebagai sumber energi dalam industri dan kendaraan akan sangat mengurangi pembuangan gas CO₂ yang mengakibatkan pemanasan global. Cepat atau lambat sumber minyak (fosil fuel) akan habis karena depositnya terbatas. Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Keterbatasan itu mendorong negara industri melirik etanol (biofuel) sebagai sumber energi alternatif. Selain terus-menerus dapat diproduksi oleh mikroorganisme, etanol juga ramah lingkungan (Amri, I, 2007).

Beberapa keunggulan dari penggunaan etanol sebagai bahan bakar yaitu:

1. Diproduksi dari tanaman yang bersifat renewable.
2. Mengandung kadar oksigen sekitar 35% sehingga dapat terbakar lebih sempurna.
3. Penggunaan gasohol dapat menurunkan emisi gas rumah kaca.
4. Pembakaran tidak menghasilkan partikel timbal dan benzena yang bersifat karsinogenik (penyebab kanker).
5. Mengurangi emisi fine-particulates yang membahayakan kesehatan manusia.
6. Mudah larut dalam air dan tidak mencemari air permukaan dan air tanah

Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95%, untuk digunakan sebagai bahan bakar perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99,5% yang sering

disebut Fuel Grade Ethanol (FGE). Mengingat pemanfaatan etanol yang beraneka ragam, maka kadar etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Etanol yang mempunyai kadar 90-96,5% dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai kadar 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Etanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan yang harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga etanol harus mempunyai kadar sebesar 99,5-100%. Perbedaan besarnya kadar akan berpengaruh terhadap proses pengolahan karbohidrat menjadi glukosa larut air (Anonim, 2007).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

- 1) Motor bensin 4 langkah 110 cc
- 2) Dynotest/Dinamometer
- 3) Emission Gas Analyzer
- 4) Tachometer
- 5) Gelas Ukur

Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pertalite RON 90
- 2) Bioetanol FGE 99,7%
- 3) Busi Standar
- 4) Busi Platinum

2.2 Tahapan Pembuatan Bioetanol

Pembuatan bioetanol melalui tahapan sebagai berikut (a) persiapan bahan baku, singkong dihancurkan dengan menggunakan mesin parut kelapa, kemudian ditambahkan air sebanyak 1,5 x berat bahan baku untuk direbus (b) proses liquifikasi, dimana struktur tepung/pati singkong dipecah secara kimia menjadi gula kompleks dengan penambahan Enzym Alfa Amylase (c) tahapan selanjutnya proses sakarifikasi, dimana gula kompleks dipecah lagi menjadi gula sederhana dengan prosentase rendah (10-12%) dengan penambahan Enzym Gluco Amylase (d) Fermentasi, pada tahap ini dimana tepung telah berubah menjadi gula sederhana untuk difermentasi agar menghasilkan cairan etanol/alcohol dengan kadar (2-5%) dengan penambahan ragi, proses ini berlangsung kurang lebih 5-7 hari diwadah tertutup (e) Destilasi atau penyulingan dilakukan untuk memisahkan alkohol dari cairan hasil fermentasi. Dalam proses distilasi, pada suhu 78°C (setara dengan titik didih alkohol) bioetanol akan menguap lebih dulu ketimbang air yang bertitik didih 100°C. Lalu uap bioetanol yang ada dalam alat distillator akan dialirkan kebagian kondensor sehingga terkondensasi menjadi cairan etanol dengan kadar 70-95% (f) Dehidrasi pemurnian etanol yang berkadar 70-95% dengan beberapa cara antara lain secara kimia dengan menggunakan batu gamping, secara fisika ditempuh melalui proses penyerapan menggunakan Zeolite Sintesis. Hasil dehidrasi berupa etanol dengan kadar 99,6-99,8 %, dikenal dengan istilah Fuel Grade Ethanol (FGE) atau disebut etanol kering. Barulah bioetanol ini layak digunakan sebagai campuran bahan bakar motor.

2.3 Pengujian Kinerja Mesin

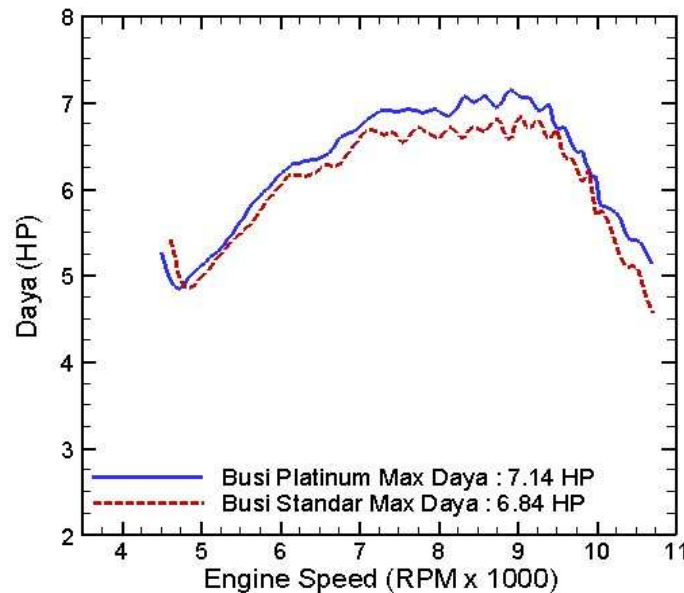
Pengujian kinerja mesin ini bertujuan untuk mengetahui performa mesin yang paling optimal dari variasi jenis busi standar dan busi platinum dengan memakai bahan bakar pertalite murni, lalu di uji kembali performa mesin untuk memperoleh data yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan kadar emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan variasi campuran bahan bakar bioetanol dengan variasi BE 10%, BE 20% dan BE 30% dengan memakai jenis busi yang paling optimal.

2.4 Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan dua metode analisis yang pertama dengan menggunakan metode analisa data deskriptif. Dimana data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dimasukkan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik kemudian dibandingkan dan dianalisis performa mesin dan kadar emisi gas buang kendaraan dari hasil variasi bahan bakar bioetanol yang berbeda dengan kadar 10%, 20% dan 30%. Metode analisa yang kedua dengan uji analisa data statistik dengan menggunakan uji t (regresi ganda), uji One Sample T Test dan uji varian ANOVA satu jalan (uji F) dengan bantuan program SPSS. Dimana data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dimasukkan ke program SPSS untuk diolah dan dianalisa data secara komputer untuk mengetahui dari pada hasilnya secara analisa data apakah ada pengaruh atau perbedaan yang signifikan dari hasil menggunakan variasi bahan bakar bioetanol terhadap performa mesin dan kadar emisi gas buang kendaraan.

3. Hasil dan Pembahasan

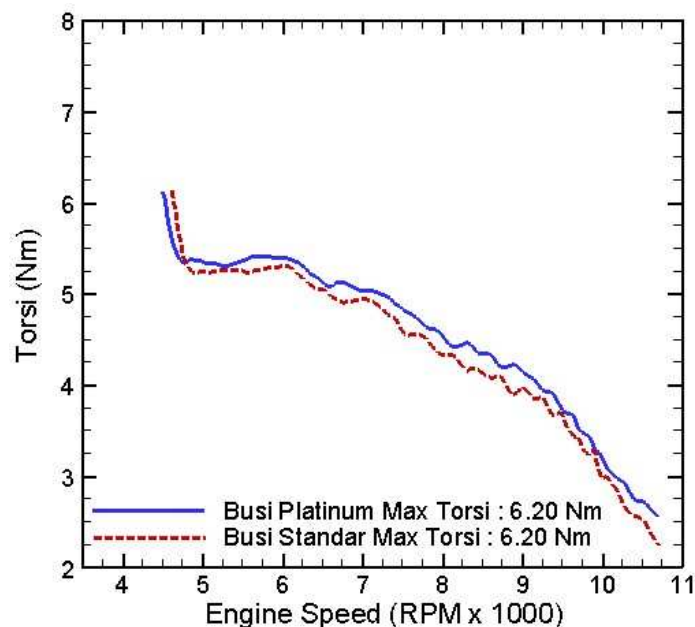
3.1 Hasil pengujian daya dan torsi terhadap variasi jenis busi menggunakan bahan bakar pertalite 100 %



Gambar 1. Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Jenis Busi

Berdasarkan data hasil pengujian daya yang terlihat pada gambar 1, menunjukkan adanya peningkatan daya dengan pemakaian dua jenis busi yang berbeda menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Dari hasil tersebut dapat dilihat daya maksimum yang dihasilkan oleh busi platinum sebesar 7,14 HP pada putaran mesin 8900 rpm lebih besar dari pada daya maksimum yang dihasilkan oleh busi standar sebesar 6,84 HP pada putaran mesin 9000 rpm. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji t (regresi ganda), dengan nilai $T_{hitung} > T_{tabel}$, ($3,087 > 2,228$), maka H_0 ditolak, sehingga busi platinum berpengaruh signifikan terhadap daya yang dihasilkan. Dari penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa secara grafik daya yang optimal terjadi pada penggunaan jenis busi platinum karena pada daya maksimum mengalami peningkatan.

Kemudian untuk hasil pengujian torsi dengan menggunakan variasi jenis busi dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini :

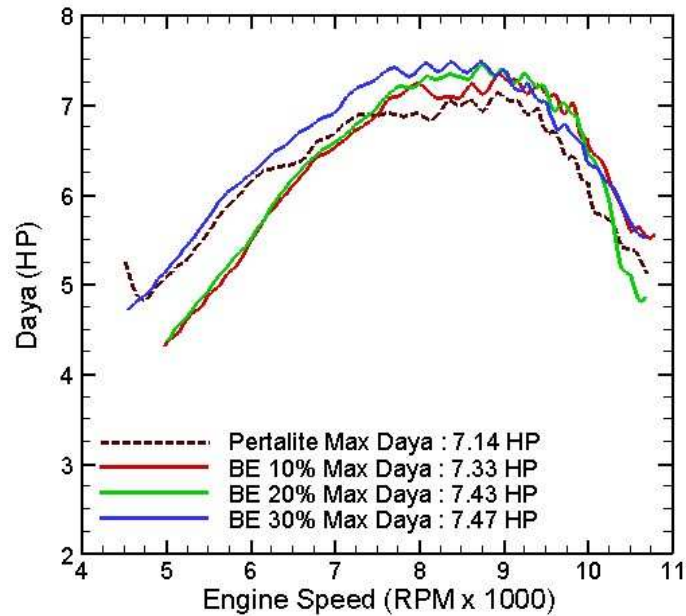


Gambar 2. Hubungan Torsi terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Jenis Busi

Kemudian untuk hasil perbandingan pengujian torsi dengan menggunakan variasi jenis busi didapat torsi maksimum yang dihasilkan oleh busi standar maupun busi platinum sama besarnya yaitu 6,20 Nm pada putaran mesin 4500 rpm, maka dapat dapat disimpulkan bahwa secara grafik hasil torsi sedikit ada peningkatan pada penggunaan busi platinum dari pada busi standar, meskipun torsi maksimum yang di dapat pada penggunaan busi standar dan busi platinum itu sama sebesar 6,20 Nm. Dan dibuktikan melalui metode uji analisa data statistik dengan uji t (regresi ganda), dengan nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$, ($0,110 < 2,228$) dan $T_{hitung} < T_{tabel}$, ($-0,932 < 2,228$), maka H_0 diterima, sehingga hasilnya baik busi standar maupun busi platinum tidak berpengaruh signifikan terhadap torsi yang dihasilkan.

Dari hasil penggunaan bahan bakar pertalite murni dengan jenis busi yang berbeda didapat jenis busi platinum lebih optimal dilihat daya yang dihasilkan lebih baik dari pada penggunaan jenis busi standar. Oleh karena itu busi platinum dipilih untuk sample pengujian selanjutnya dengan menggunakan variasi bahan bakar bioetanol terhadap daya, torsi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan.

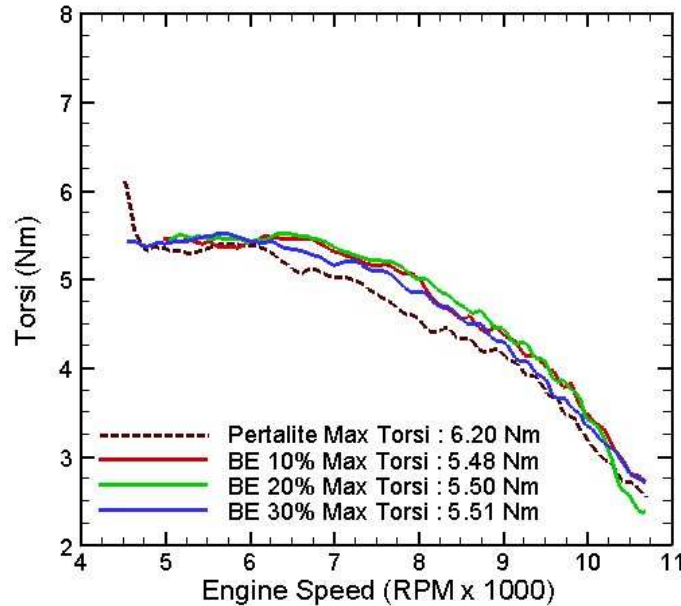
3.2 Hasil pengujian daya dan torsi terhadap variasi bahan bakar bioetanol



Gambar 3. Hubungan Daya terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Bioetanol

Berdasarkan data hasil pengujian daya yang terlihat pada gambar 3, terlihat bahwa daya maksimum yang dihasilkan oleh mesin yaitu pada penggunaan bahan bakar BE 30% dilihat dari meningkatnya daya dari pada daya yang dihasilkan menggunakan bahan bakar BE 20%, BE 10% dan Pertalite 100%. Dari gambar grafik diatas daya pada mesin semakin meningkat seiring jumlah kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar pertalite semakin banyak. Daya maksimum yang dihasilkan oleh mesin pada penggunaan bahan bakar BE 30% yaitu sebesar 7,47 HP pada putaran mesin 8700 rpm. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa secara grafik daya yang optimal terjadi pada penggunaan bahan bakar BE 30% karena pada daya maksimum mengalami peningkatan

Kemudian untuk hasil pengujian torsi dengan menggunakan variasi bahan bakar bioetanol dengan memakai busi platinum dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini :



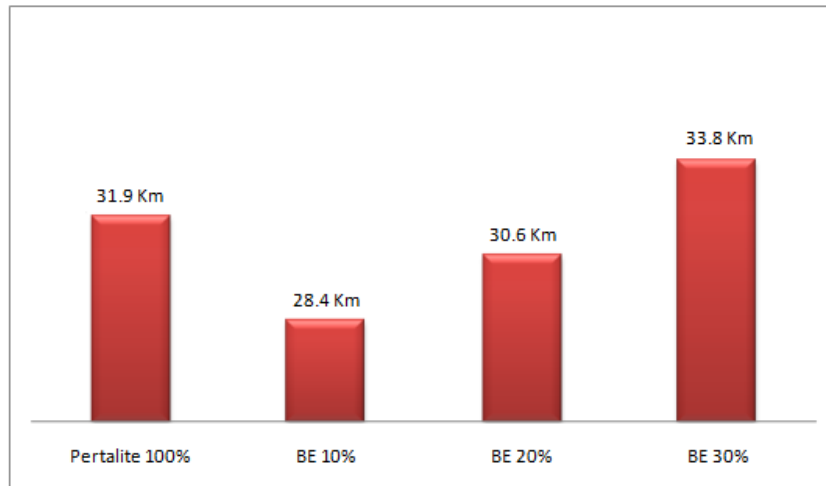
Gambar 4. Hubungan Torsi terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar Bioetanol

Kemudian untuk hasil pengujian torsi dengan menggunakan variasi bahan bakar bioetanol didapat bahwa torsi maksimum yang dihasilkan oleh mesin yaitu pada penggunaan bahan bakar BE 30% dilihat dari meningkatnya torsi dari pada torsi yang dihasilkan menggunakan bahan bakar BE 20%, BE 10%. Dari gambar grafik diatas torsi pada mesin semakin meningkat seiring jumlah kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar pertalite semakin banyak. Torsi maksimum yang dihasilkan oleh mesin pada penggunaan bahan bakar BE 30% yaitu sebesar 5,51 Nm pada putaran mesin 5700 rpm, secara grafik hasil torsi sedikit ada peningkatan pada penggunaan bahan bakar bioetanol dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100%, meskipun torsi maksimum yang dihasilkan menggunakan bahan bakar BE 30%, BE 20% dan BE 10% lebih rendah dari pada torsi maksimum yang dihasilkan menggunakan bahan bakar pertalite 100% yaitu 6,20 Nm.

Dari hasil penggunaan variasi bahan bakar bioetanol daya dan torsi yang dihasilkan ada peningkatan meskipun secara nilai selisih perbedaannya tidak banyak hanya nol koma baik pada daya maksimum maupun torsi maksimum yang dihasilkan dari variasi bahan bakar bioetanol, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan Varian ANOVA satu jalan (Uji F), dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, ($0,119 < 2,82$), maka H_0 diterima, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan daya yang dihasilkan dari variasi bahan bakar, sedangkan untuk torsi dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, ($0,340 < 2,82$), maka H_0 diterima, sehingga dan H_1 ditolak, tidak ada perbedaan yang signifikan torsi yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik tidak ada perbedaan yang signifikan baik daya maupun torsi yang dihasilkan dari variasi bahan bakar bioetanol, bisa dikatakan hasil daya dan torsi sama meskipun dilihat secara grafik sedikit ada perbedaan.

3.3 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Untuk hasil pengujian konsumsi bahan bakar didapat grafik perbandingan jarak tempuh terhadap variasi bahan bakar dengan memakai busi platinum dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti di bawah ini :

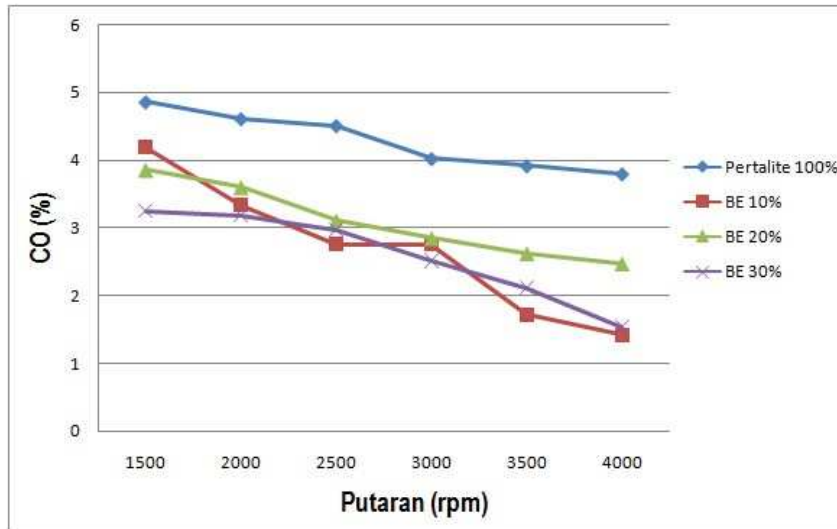


Gambar 5. Perbandingan Jarak Tempuh dengan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian konsumsi bahan bakar dengan menggunakan variasi bahan bakar didapat untuk penggunaan variasi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar BE 30% hasil konsumsi bahan bakarnya lebih hemat dilihat jarak tempuhnya lebih jauh. Dilihat secara grafik dengan variasi bakar yang berbeda jarak tempuh semakin meningkat (lebih jauh) seiring jumlah kadar bioetanol dalam campuran bahan bakar pertalite semakin banyak, namun konsumsi bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar BE 10% dan BE 20% jarak tempuhnya lebih rendah (dekat) dari pada menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Sedangkan penggunaan bahan bakar BE 30% jarak tempuhnya lebih jauh yaitu 33,8 Km dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100% yaitu 31,9 Km dengan selisih jarak tempuh 1,9 Km yang menandakan bahwa memakai bahan bakar BE 30% lebih hemat 5,9% dari pada memakai bahan bakar pertalite 100%. Namun secara analisa data statistik apakah jarak tempuh yang dicapai menggunakan variasi bahan bakar nilai rata-ratanya sama atau tidak. Dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji One Sample t, dengan nilai $T_{hitung} < T_{tabel}$, $(-413,211 < 3,182)$, maka H_0 diterima sehingga nilai rata-rata jarak tempuh yang dicapai dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai rata-rata jarak tempuh yang dicapai dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Jadi penggunaan bahan bakar BE 30% jarak tempuhnya lebih jauh dibandingkan jarak tempuh dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%, BE 10% dan BE 20% yang menandakan bahwa penggunaan bahan bakar BE 30% lebih hemat.

3.4 Hasil Pengujian Kadar Emisi Gas Buang

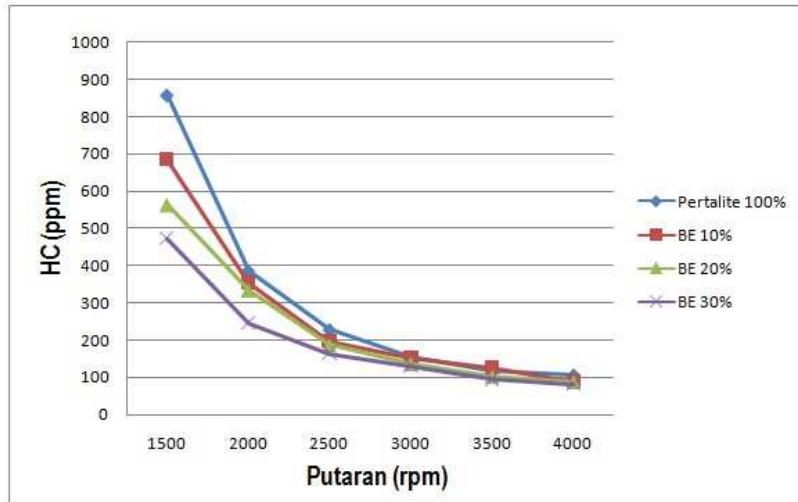
Untuk hasil pengujian kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) didapat grafik perbandingan kadar CO terhadap variasi bahan bakar seperti pada gambar 6, dibawah ini :



Gambar 6. Perbandingan Hubungan Kadar CO terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian kadar CO didapat penggunaan bahan bakar BE 30% hasil kandungan kadar emisi CO lebih rendah dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100%, dan bisa dilihat pada putaran mesin 1500 rpm hasilnya menggunakan Peralite 100% = 4,856% vol, BE 10% = 4,181% vol, BE 20% = 3,850% vol dan BE 30% = 3,238% vol, terjadi penurunan nilai kadar CO cukup signifikan, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (uji F), dengan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, ($7,285 > 3,10$), maka H_1 diterima, sehingga ada perbedaan yang signifikan nilai kadar CO yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai kadar CO yang dihasilkan dengan menggunakan variasi bahan bakar tidak sama. Jadi penggunaan bahan bakar BE 30% nilai kadar CO lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar pertalite 100%, BE 10% dan BE 20% yang menandakan bahwa penggunaan bahan bakar BE 30% dapat menurunkan kadar CO secara signifikan.

Kemudian untuk hasil pengujian kadar emisi gas buang hidrokarbon (HC) didapat grafik perbandingan kadar HC terhadap variasi bahan bakar seperti pada gambar 7, dibawah ini :



Gambar 7. Perbandingan Hubungan Kadar HC terhadap Putaran Mesin dengan Menggunakan Variasi Bahan Bakar

Berdasarkan data hasil pengujian kadar HC didapat penggunaan bahan bakar BE 30% hasil kandungan kadar emisi HC lebih rendah dari pada penggunaan bahan bakar pertalite 100%, dan bisa dilihat pada putaran mesin 1500 rpm hasilnya menggunakan Peralite 100% = 858 ppm, BE 10% = 684 ppm, BE 20% = 563 ppm dan BE 30% = 472 ppm, terjadi penurunan nilai kadar HC cukup signifikan, namun seiring meningkatnya putaran mesin rpm terutama pada rpm 2500 keatas hasil grafiknya menunjukkan perubahan yang tidak terlalu signifikan, hampir bisa dikatakan sama meskipun dengan menggunakan variasi bahan bakar yang berbeda, seperti pada putaran mesin 3000 rpm hasilnya menggunakan Peralite 100% = 153 ppm, BE 10% = 152 ppm, BE 20% = 136 ppm dan BE 30% = 132 ppm, secara nilai selisih perbedaannya tidak terlalu signifikan, dan dibuktikan melalui metode analisa data statistik dengan uji varian ANOVA satu jalan (Uji F), dengan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, ($0,275 < 3,10$), maka H_0 diterima, sehingga tidak ada perbedaan yang signifikan kadar HC yang dihasilkan dari variasi bahan bakar. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa secara uji analisa data statistik nilai kadar HC dengan penggunaan variasi jenis bahan bakar tidak memberikan perubahan hasil grafik yang signifikan, terutama pada putaran mesin diatas 2500 rpm.

4. Penutup

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan jenis busi platinum lebih optimal hasilnya dibanding jenis busi standar, dilihat dari daya maksimum yang dihasilkan oleh busi platinum sebesar 7,14 HP lebih besar dari pada daya maksimum yang dihasilkan oleh busi standar sebesar 6,84 HP.
2. Daya dan torsi maksimum didapat pada penggunaan bahan bakar BE 30% sebesar 7,47 HP pada daya, sedangkan torsi sebesar 5,51 Nm lebih besar dari pada daya dan torsi maksimum yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar BE 10 % dan BE 20%.
3. Konsumsi bahan bakar menggunakan bahan bakar BE 30% lebih hemat dari pada penggunaan bahan bakar Peralite 100%, BE 10% dan BE 20% dilihat jarak tempuhnya lebih jauh.
4. Penggunaan bahan bakar BE 30% dapat menurunkan kadar CO yang cukup signifikan pada putaran mesin 1500 rpm, sedangkan penggunaan bahan bakar bioetanol dapat menurunkan kadar HC pada putaran rendah, seperti terlihat pada putaran mesin 1500 rpm terjadi penurunan nilai kadar HC cukup signifikan, namun untuk putaran mesin diatas 2500 rpm, perubahan penurunan kadarnya tidak terlalu signifikan, hampir bisa dikatakan sama.

Kemudian berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat dibuat beberapa saran untuk menunjang pengembangan penelitian selanjutnya antara lain :

1. Dalam mendukung kelancaran dan akurasi hasil pengujian sebaiknya dilakukan pemeriksaan dan kalibrasi terhadap instrumentasi dan alat ukur setiap kali pengujian akan dilakukan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dari pada performa mesin seperti rasio perbandingan udara bahan bakar (AFR), Efisiensi volumetris (η_v), Efisiensi thermal brake (η_b) agar lebih bervariasi untuk mengetahui karakteristik performa mesinnya.
3. Untuk penggunaan bahan bakar bioetanol perlu ada penyetelan campuran udara dengan bahan bakar yang tepat, karena didalam bioetanol mengandung unsur molekul oksigen yang mengakibatkan campuran menjadi lebih “miskin/lean” jika dibandingkan dengan bensin biasa, sehingga campuran harus dibuat lebih kaya untuk mendapatkan unjuk kerja yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I. (2007). *Dilema Biofuel Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Edisi Pertama. Kuala Lumpur.
- Anonim. (2007). *Bioetanol*. <http://www.energi.lipi.go.id/bioetanol.html>. Diakses 18 Oktober 2016
- Berg, C. (2004). *World Fuel Ethanol Analysis and Outlook*. <http://www.distill.com/world-fuel-ethanol-A&O-2004.html>. Diakses 17 Oktober 2016.
- Ghazikhani, M & Hatami, M. (2014). *Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline–ethanol two-stroke engine*. Thermal Engineering. Elsevier. Vol 2. Pages 82-90.
- Handayani, S. (2005). *Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Indartono, Y. (2005). *Bioetanol Alternatif Energi Terbarukan: Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di Lapangan*. <http://www.energi.lipi.go.id>. Diakses 16 Oktober 2016.
- Iodice, P & Senatore, A. (2015). *Cold start emissions of a motorcycle using ethanol-gasoline blended fuels*. Energy Procedia. Elsevier. Vol 45. Pages 809-818.
- Putrasari, Y, Nur, A. & Muharam, A. (2012). *Performace and emission characteristic on a two cylinder DI diesel engine fuelled with ethanol-diesel blends*. Energy Procedia. Elsevier. Vol 32. Pages 21-30.
- Sudarmanta, B., Junipitoyo, B., & Putra, A.K.B. (2016). *Influence Of The Compression Ratio And Ignition Timing On Sinjai Engine Performance With 50% Bioethanol-Gasoline Blended Fuel*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol 11. No 4.
- Wang, X & Chen, Z. (2015). *The effects of hydrous ethanol gasoline on combustion and emission characteristics of a port injection gasoline engine*. Thermal Engineering. Elsevier. Vol 6. Pages 147-154.
- Zhang, Y & Zhao, H. (2013). *CAI combustion of gasoline and its mixture with ethanol in a 2-stroke poppet valve DI gasoline engine*. Fuel. Elsevier. Vol 109. Pages 661-668.