

**Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Campuran Bahan Bakar Bensin -  
Bioethanol Terhadap Specific Fuel Consumption**

*The Effect of Addition of Additives in the Fuel Gasoline - Bioethanol Mixture on  
Specific Fuel Consumption*

**Ratna Monasari<sup>1</sup>, Ahmad Hanif Firdaus<sup>2</sup>, Nanang Qosim<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

[rmonasari@polinema.ac.id](mailto:rmonasari@polinema.ac.id), [hanif.ahmad@polinema.ac.id](mailto:hanif.ahmad@polinema.ac.id), [nanangqsm@polinema.ac.id](mailto:nanangqsm@polinema.ac.id)

---

**Abstrak**

Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia masih tergolong rendah dibandingkan dengan sumber energi tak terbarukan dari minyak bumi, batu bara, maupun gas alam. Dengan jumlah energi tak terbarukan yang terbatas mendorong untuk mengembangkan penggunaan bahan bakar alternatif. Saat ini bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang sedang dikembangkan sebagai pengganti maupun campuran bahan bakar bensin, yang dikenal sebagai etanol anhidrat yang memiliki konsentrasi diatas 96%. Campuran bioetanol memberikan pengaruh terhadap peningkatan bilangan oktan dan mampu mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Untuk mendapatkan efek yang lebih optimal dalam konsumsi bahan bakar zat aditif seperti *oxygenated cyclohexanol* ditambahkan pada campuran bahan bakar. Studi dilakukan pada perbandingan bahan bakar E5 sampai E15 dengan penggunaan aditif tersebut. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan pada mesin satu silinder *spark ignition* dengan posisi bukaan *throttle* 100%. Terdapat sensor pada bagian tanki bahan bakar untuk menghitung *specific fuel consumption* (SFC) dengan variasi kecepatan mesin. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penambahan zat aditif pada campuran bahan bakar terhadap konsumsi bahan bakar.

**Kata kunci:** bensin; bioetanol; emisi gas buang; zat aditif.

**Abstract**

*The use of renewable energy in Indonesia is still low compared to non-renewable energy sources from petroleum, coal, and natural gas. The limited amount of non-renewable energy encourages developing the use of alternative fuels. Currently, bioethanol is an alternative fuel that is being developed as a substitute or mixture of gasoline fuel, known as anhydrous ethanol which has a concentration above 96%. The bioethanol mixture has an effect on increasing the octane number and is able to reduce the resulting exhaust gas emissions. To get a more optimal effect on fuel consumption, additives such as oxygenated cyclohexanol are added to the fuel mixture. Studies were carried out on the comparison of fuel E5 to E15 with the use of these additives. The fuel consumption test was carried out on a single-cylinder spark-ignition engine with a 100% throttle opening position. There is a sensor on the fuel tank to calculate the specific fuel consumption (SFC) with variations in engine speed. This study aims to determine the effect of adding additives to the fuel mixture on fuel consumption.*

**Keywords :** fuel; bioethanol; exhaust gas emissions; additives.

## 1. PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan bermotor diperkirakan akan meningkat setiap tahunnya, hal ini berhubungan dengan peningkatan akan permintaan bahan bakar. Konsumsi energi Indonesia terus mengalami peningkatan dengan rata-rata 3,4% pertahun. Sebagian besar konsumsi energi yang digunakan berasal dari energi fosil seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara. Konsumsi energi terbesar adalah bahan bakar minyak (bbm) sebesar 32.7%, diikuti biomassa 25.1%, batubara 13%, gas bumi 10,8%, listrik 8,8%, dan sisanya *liquefied petroleum gas* (LPG), briket dan produk lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa Indonesia masih tergantung pada sumber energi tak terbarukan. Namun berdasarkan data pada kementrian ESDM, cadangan minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan. Untuk tetap memenuhi kebutuhan masyarakat, sejak tahun 2004 Indonesia menjadi negara importir minyak bumi. Hal ini menyebabkan ketahanan energi Indonesia sangat bergantung pada ketersediaan minyak bumi dunia (Abikusna *et al*, 2017)

Untuk menjaga stabilitas ketersediaan energi Indonesia, perlu mencari sumber energi alternatif pengganti minyak bumi yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan berasal dari alam (Abikusna *et al*, 2018) (Costa & Sodré, 2012). Salah satu sumber energi yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia adalah bioetanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). Bioetanol merupakan salah satu produk bahan bakar nabati yang dihasilkan dari tanaman yang mengandung pati seperti jagung, tebu, kentang, singkong, dan biomassa lainnya (Abikusna *et al*, 2017). Pemanfaatan bioetanol di Indonesia sebagai bahan bakar masih tergolong rendah. Disisi lain banyak djumpai industri kecil maupun besar memproduksi *low grade* bioetanol sebagai konsumsi minuman beralkohol.

Penggunaan bioetanol sebagai campuran bahan bakar mesin haruslah yang memiliki konsentrasi >96% yang biasa disebut anhidrat etanol. Anhidrat etanol digunakan karena kandungan air yang terkandung didalamnya sangat sedikit bahkan dapat dikatakan murni, sehingga apabila dicampurkan langsung dengan gasoline didapatkan campuran yang homogen dan dapat langsung masuk keruang bakar (Monasari *et al*, 2018). Penggunaan anhidrat bioetanol sebagai campuran bahan bakar dianggap pantas karena tidak perlu memodifikasi mesin yang saat ini digunakan.

Penggunaan bioetanol dapat menghasilkan daya yang tinggi, hal ini disebabkan karena nilai oktan bioetanol yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bensin. Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi dapat meningkatkan rasio pada ruang bakar sehingga mampu menghasilkan tenaga yang lebih besar (Gao *et al*, 2007). Proses pembakaran menggunakan bio-etanol akan lebih bersih dibandingkan dengan bensin murni, selain itu panas yang dihasilkan pada ruang bakar akan langsung menguap dan menyebabkan penurunan temperatur pada ruang bakar, hal ini dapat meningkatkan daya yang dihasilkan dan memperpanjang umur komponen mesin (Keith *et al*, 1995).

Kualitas campuran antara bensin dengan bioetanol ditentukan dari sifat fisik dan kimia masing - masing zat. Untuk mendapatkan sifat terbaik dari campuran bensin dan bioetanol diperlukan modifikasi pada sifat kimiawi zat dengan menambahkan zat aditif. Campuran dengan penambahan zat aditif pada bahan bakar akan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna, performa yang lebih baik, efisien, dan emisi yang dihasilkan akan memiliki (Srinivasan *et al*, 2010).

Sebuah mesin *Otto* dapat diketahui kualitasnya dari performa mesin tersebut. Performa yang dimaksud ialah parameter - parameter dari kerja mesin. Parameter - parameter performa yang paling sering digunakan ialah Daya (*Power*) dan Torsi (*Torque*), kemudian *Specific Fuel Consumption*. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi kinerja mesin *Otto* yaitu nilai oktan dari bahan bakar yang digunakan, rasio kompresinya, tekanan udara yang

masuk ruang bakar, dan tingkat homogenitas campuran bahan bakar dan udara (Sugiarto 2002).

*Specific Fuel Consumption (SFC)* merupakan parameter yang biasa digunakan pada motor pembakaran dalam untuk menggambarkan pemakaian bahan bakar. *Specific Fuel Consumption* didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran massa bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan (*output*). Dapat pula dikatakan bahwa *Specific Fuel Consumption (SFC)* menyatakan seberapa efisien bahan bakar yang disuplai ke mesin untuk dijadikan daya output. Satuan dalam Sistem Internasional (SI) adalah kg/kWh. SFC disebut *Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)* apabila menggunakan *Brake Horse Power*, dan jika menggunakan *indicated Power* maka disebut *Indicated Specific Fuel Consumption (ISFC)*. Nilai SFC yang rendah mengindikasikan pemakaian bahan bakar yang irit, oleh sebab itu, nilai SFC yang rendah mengindikasikan pemakaian bahan bakar yang irit, oleh sebab itu, nilai SFC yang rendah sangat diinginkan untuk mencapai efisiensi bahan bakar. *Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)* juga merupakan suatu parameter yang tepat untuk mengukur efisiensi termal dan juga untuk membandingkan kinerja mesin (Gholamhassan *et al*, 2015). Berikut rumus untuk SFC dengan menggunakan *Brake Horse Power*:

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{Pe} \quad (1)$$

Dimana

SFC: konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h)

$m_f$ : laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

$Pe$ : daya output mesin (kW)

Sedangkan laju aliran massa bahan bakar diatas dapat dihitung dengan perhitungan berikut:

$$m_f = \frac{sg_f \times V_f \times 10^{-3}}{t_f} \times 3600 \quad (2)$$

Dimana

$Sg_f$ : *Specific gravity*

$V_f$ : volume bahan bakar (liter)

$t_f$ : waktu bahan bakar terkonsumsi (s)

Berikut merupakan nilai *specific gravity* dari beberapa bahan bakar yang sering digunakan.

Tabel 1. *Specific gravity* beberapa jenis bahan bakar

Bahan Bakar	SI Unit (Kg/L)
Crude Oil	0.88 (0.75-0.98)
Gasoline	0.745
Diesel	0.837
Biodiesel	0.88
Ethanol	0.798
Methanol	0.792
Natural Gas	0.717 Kg/m <sup>3</sup>

Dari tabel diatas dapat dilihat berbagai berat jenis dari beberapa bahan bakar yang dapat digunakan untuk menghitung laju aliran massa bahan bakar yang nantinya juga dapat digunakan untuk menghitung SFC. Dalam penelitian kali ini bahan bakar yang digunakan yaitu *gasoline* dan etanol masing – masing dengan nilai 0.745 kg/L dan 0.798 kg/L.

(Costa & Sodr , 2009) melakukan percobaan yang dilakukan pada mesin 1.000 cc, 4 silinder. Berbahan bakar campuran 78% gasoline dan 22% ethanol (E22) dan *hydrous ethanol* (E100). Pada variasi putaran dari 1.500 rpm sampai 6.500 rpm. Kompresi rasio yang diukur adalah 10:1, 11:1, dan 12:1. Performa yang dievaluasi adalah *torque*, *brake mean effective pressure* (BMEP), *power*, *specific fuel consumption* (SFC), *thermal efficiency*, *exhaust gas temperature* dan efisiensi *volumetric*. Hasil yang diperoleh adalah pada rasio kompresi yang lebih tinggi dapat memperbaiki performa *engine* untuk kedua bahan bakar pada semua putaran *engine*.

Penelitian ini dilakukan pada mesin *spark ignition* dengan menggunakan aditif *oxygenated cyclohexanol* sebagai zat aditif tambahan dalam campuran bahan bakar bensin bioetanol. Perbandingan *specific fuel consumption* (SFC) antara campuran bahan bakar dengan aditif dan campuran bahan bakar tanpa zat aditif dapat dilihat pada artikel ini. Properties aditif *oxygenated cyclohexanol* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Properties *Oxygenated Cyclohexanol*

<b>Chemical Formula</b>	<b>Cyclohexanol</b>
<i>Molecular Formula</i>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> OH
<i>Molecular Weight</i>	100.16 g/mol
<i>Appearance</i>	colorless liquid
<i>Melting Point</i>	25.4 �C
<i>Boiling Point</i>	322 �F at 760 mm Hg
<i>Flash Point</i>	154 �F
<i>Density</i>	0.9624 g/cm <sup>3</sup> (20 �C)
<i>Heat of Vaporization</i>	14.82 kcal/mol at 25 �C
<i>Heat of Combustion</i>	-3722 kJ/mol
<i>Vapor Pressure</i>	0.15 kPa at 20 �C

*Oxygenate* biasanya digunakan sebagai zat aditif bensin untuk mengurangi karbon monoksida dan jelaga yang dibuat selama pembakaran bahan bakar. Di Amerika Serikat, *Environmental Protection Agency* mempunyai kuasa untuk menentukan proporsi minimal *oxygenate* yang ditambahkan ke bensin secara regional dan musiman dari 1992 hingga 2006 dalam upaya untuk mengurangi polusi udara, khususnya tingkat ozon dan zat 56 Universitas Indonesia buang. Standar CAFÉ (Cooperate Average Fuel Economy) memberikan bonus efisiensi bahan bakar 54% untuk kendaraan yang mampu berjalan dengan menggunakan bahan bakar 85% alcohol campuran pada kendaraan yang tidak diadaptasi untuk berjalan pada 85% alcohol campuran.

## 2. METODE

Pengujian dilakukan pada mesin SI silinder tunggal 125 cc dengan sistem injeksi bahan bakar. Terdapat 7 variasi bahan bakar dengan perbandingan bensin dan bioetanol E0, E5, E10, E15 tanpa aditif dan E5, E10, E15 dengan penambahan 0.5 ml *oxygenated cyclohexanol* pada setiap campuran bahan bakar.

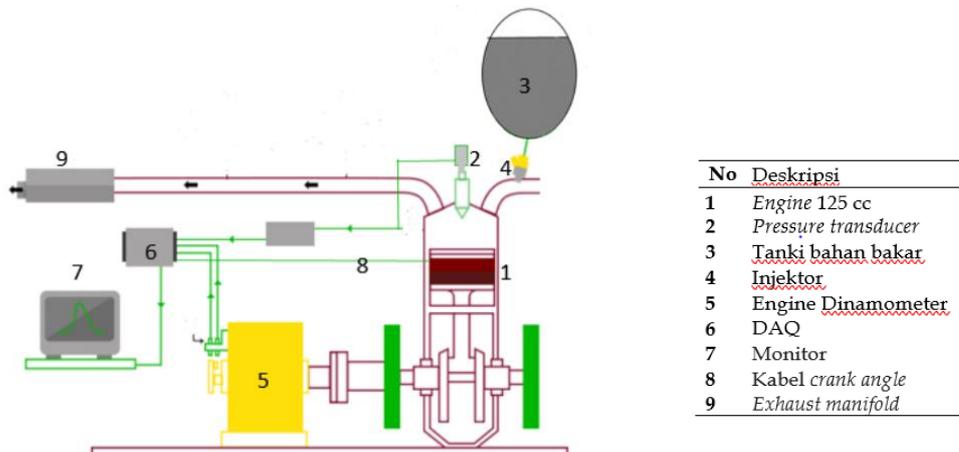
Injeksi akan menghasilkan campuran udara dan bensin langsung pada ruang bakar mesin bensin. Dalam posisi katup intake terbuka, bahan bakar dimasukkan langsung ke

dalam ruang bakar menggunakan injektor yang dikontrol oleh ECU. Engine bekerja pada kondisi paling optimal pada saat rasio antara udara dan bahan bakar berada pada nilai AFR 14.7:1. Ketika campuran bahan bakar berada pada kondisi *lean* cenderung akan menurunkan kinerja dari mesin, sementara pada saat berada di kondisi *rich* maka emisi bahan bakar meningkat tanpa meningkatkan kinerja secara substansial dan hal ini dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar.

Pada sistem injeksi bahan bakar elektronik terdapat berbagai jenis sensor untuk mengetahui kondisi mesin secara tepat. Sensor memberikan informasi kondisi mesin dan menyalurkannya menuju ECU untuk diproses. Setelah membandingkan informasi dari sensor dengan berbagai parameter yang ada, ECU dapat menentukan jumlah bahan bakar yang tepat untuk menghasilkan daya yang maksimal dengan emisi gas buang yang terendah. Sistem bahan bakar injeksi elektronik memungkinkan mesin untuk memperoleh campuran bahan bakar dengan udara yang ideal.

### Experimental Setup

Pengujian dilakukan dengan menempatkan mesin injeksi silinder tunggal pada engine dynamometer dengan spesifikasi 400V, 30kW, dan 3000/4000 RPM. Pencampuran bahan bakar bensin dengan bioetanol dan zat aditif dilakukan sebelum bahan bakar dimasukkan kedalam tangka bahan bakar. Tangki bahan bakar yang digunakan pada pengujian ini merupakan tangki *stainless steel* berkapasitas 10 liter yang memiliki sensor yang dapat menghitung kebutuhan bahan bakar dalam bentuk Specific Fuel Consumption (SFC).



Gambar 1. Diagram Skematik Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

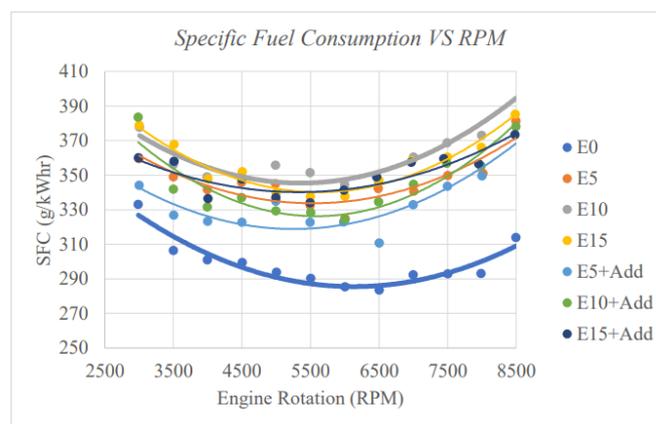
- Memasang semua komponen sesuai dengan skematik penelitian
- Melakukan proses kalibrasi untuk memastikan sistem berjalan dengan baik
- Menyiapkan campuran bahan bakar E0, E5, E10, E15, E5 +aditif 5ml, E10 +aditif 5 ml, dan E15 +aditif 5 ml. Kemudian densitas setiap variabel bahan bakar diukur menggunakan densitiy meter, parameter ini akan dimasukkan pada setiap proses penggantian bahan bakar
- Menyalakan mesin uji melalui engine dynamometer, kemudian memanaskan mesin hingga temperatur kerja pada putaran rendah
- Mengatur putaran mesin pada saat 3000 sampai 8500 RPM. Pengambilan data dilakukan pada setiap kenaikan 500 RPM dengan posisi bukaan throttle 100% dengan jumlah data yang diambil sebanyak 10.

- Mengulangi pengujian dengan variasi bahan bakar lainnya

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

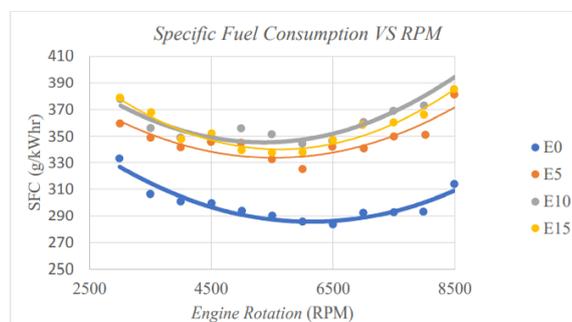
*Specific fuel consumption* (SFC) merupakan parameter yang biasa digunakan pada motor pembakaran dalam untuk menggambarkan kebutuhan atau pemakaian bahan bakar persatuan daya yang dihasilkan. *Specific fuel consumption* adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan, biasanya SFC digunakan untuk menggambarkan seberapa efisien sebuah motor pembakaran dan untuk memprediksi nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran (Jang *et al*, 2016) Pengukuran SFC dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$SFC = \frac{\text{Fuel Consumption}}{\text{Power}} \quad (3)$$



Gambar 2. Specific Fuel Consumption pada 7 Variasi Bahan Bakar

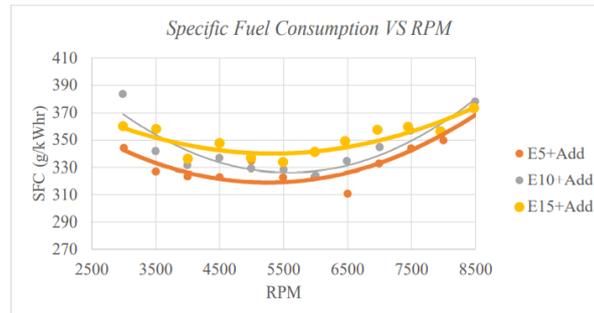
Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa masing - masing campuran bahan bakar memiliki karakteristik yang berbeda sehingga nilai SFC pada hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Dilihat dari grafik tersebut trendline SFC tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar dengan 10% etanol (E10).



Gambar 3. SFC pada Variasi Bahan Bakar Campuran Tanpa Aditif

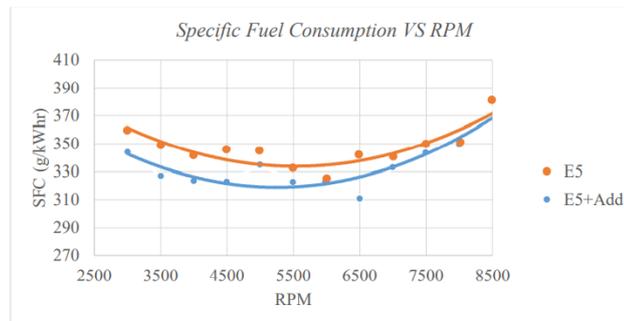
Gambar 3 menunjukkan SFC yang dihasilkan pada campuran bahan bakar E0 sampai E15. Bahan bakar bensin murni (E0) memiliki nilai SFC yang paling rendah, yaitu 283 g/kWhr pada putaran engine 6500 rpm. Hal ini disebabkan oleh nilai *heating value* pada ethanol (26.700 kJ/kg) lebih rendah dibandingkan dengan bensin (42.600 kJ/kg), sehingga jumlah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk proses pembakaran akan lebih besar untuk mendapatkan energi yang setara.

Pada putaran engine yang tinggi, nilai konsumsi bahan bakar akan bertambah hal ini disebabkan oleh karena gaya gesekan yang meningkat. Gesekan yang meningkat ini tentunya akan mengurangi daya *output*. Sedangkan pada putaran rendah, meningkatnya nilai konsumsi bahan bakar dikarenakan bertambahnya waktu panas yang hilang dari gas pembakaran ke dinding silinder.



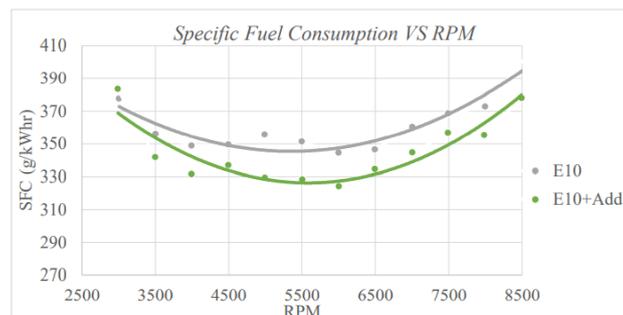
Gambar 4. SFC pada Variasi Bahan Bakar Campuran dengan Aditif

Pada grafik 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase ethanol yang ditambahkan zat aditif pada campuran bahan bakar akan mengakibatkan meningkatnya nilai SFC. Jika dilihat dari persentase campuran ethanol yang digunakan antara non aditif dan dengan aditif diperoleh hasil sebagai berikut.



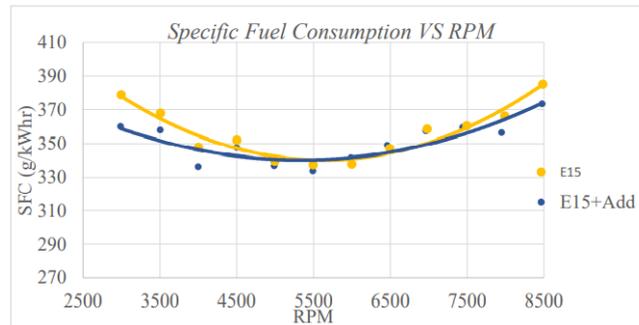
Gambar 5. Perbandingan SFC pada E5 dan E5 aditif

Penggunaan aditif pada campuran bahan bakar E5 menghasilkan nilai SFC yang lebih rendah dibandingkan dengan E5 non aditif. E5 menghasilkan SFC minimum sebesar 324 g/kWhr pada putaran engine 6000 rpm, sedangkan E5 dengan aditif menghasilkan SFC sebesar 310 g/kWhr pada putaran engine 6500 rpm.



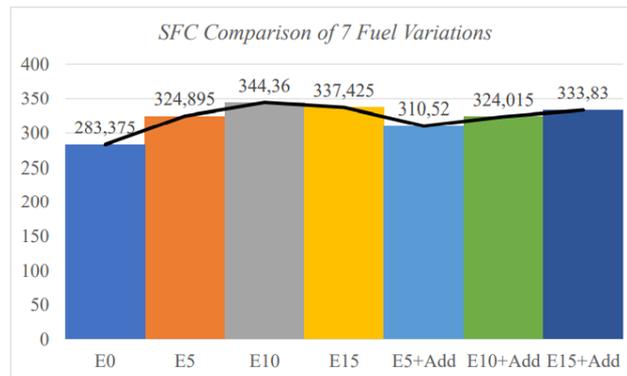
Gambar 6. Perbandingan SFC pada E10 dan E10 aditif

Grafik 6 menghasilkan *trend line* yang serupa dengan variasi pada bahan bakar dengan 5% ethanol. SFC minimum pada bahan bakar E10 sebesar 344 g/kWhr, sedangkan pada E10 dengan aditif menghasilkan SFC sebesar 324 g/kWhr pada putaran engine 6000 rpm.



Gambar 7. Perbandingan SFC pada E15 dan E15 aditif

Hal yang serupa didapat pada variasi bahan bakar dengan campuran 15% ethanol. Hasil yang diperoleh bahan bakar dengan aditif memiliki nilai SFC yang lebih kecil. SFC minimum yang dihasilkan pada bahan bakar E15 sebesar 337 g/kWhr sedangkan pada E15 dengan aditif menghasilkan 333 g/kWhr pada putaran engine 5500 rpm. Dari ketiga perbandingan variasi bahan bakar non aditif dengan aditif tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan zat aditif *oxygenated cyclohexanol* memberikan dampak efisiensi terhadap konsumsi bahan bakar.



Gambar 8. Nilai Perbandingan SFC Minimum pada 7 Variasi Bahan Bakar

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa penambahan ethanol pada bahan bakar akan meningkatkan nilai SFC, sehingga dalam hal ini bahan bakar dengan ethanol akan lebih boros dibandingkan dengan penggunaan bensin murni. Nilai SFC yang besar dari campuran bensin dengan ethanol dikarenakan AFR stoikiometri dari ethanol yang lebih rendah dibandingkan bensin murni dengan jumlah udara yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit. Fuel consumption juga berpengaruh akibat dari putaran engine, pada awal penyalaan mesin dibutuhkan jumlah bahan bakar yang besar. Selanjutnya akan menurun dan kemudian naik kembali oleh karena putaran engine yang semakin tinggi.

Pada campuran bensin dan bioetanol E5 memiliki SFC yang paling rendah, hal ini disebabkan karena kandungan ethanol yang lebih sedikit dibandingkan variasi bahan bakar lainnya. Bahan bakar dengan bioetanol memiliki flame speed yang besar hal ini memungkinkan bahan bakar dapat terbakar dengan cepat sehingga bahan bakar yang tidak terbakar akan lebih sedikit dan pembakaran lebih sempurna.

Dengan penambahan zat aditif *oxygenated cyclohexanol* mengakibatkan nilai konsumsi bahan bakar menjadi lebih kecil, yang berarti terjadi penghematan konsumsi bahan bakar

pada setiap pencampurannya (Zhao *et al*, 2020). Nilai SFC terkecil diperoleh dari campuran bahan bakar E5 +aditif. Penjelasan sebelumnya disebutkan bahwa E5 memiliki SFC yang lebih rendah dibandingkan E10 dan E15, dengan penambahan zat aditif mengakibatkan pembakaran pada bahan bakar campuran tersebut menjadi lebih sempurna dan efisien. Jumlah oksigen yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin banyak karena kandungan oksigen dalam bahan bakar yang besar (Thangavelu *et al*, 2016). Oksigen digunakan untuk membakar bahan bakar menjadi energi yang berguna untuk menghasilkan daya pada poros mesin.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian terhadap *specific fuel consumption* (SFC) yang menggunakan campuran bahan bakar bensin dengan bioetanol dan tambahan zat aditif *oxygenated cyclohexanol*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan penambahan ethanol pada bahan bakar bensin dapat meningkatkan nilai SFC dari yang semula 283.375 g/kWhr pada E0.
- Sementara itu penggunaan zat aditif pada campuran bahan bakar akan mengurangi nilai SFC pada setiap variasi bahan bakar campuran, dengan kata lain dengan zat aditif penggunaan bahan bakar akan semakin hemat.

Setelah pengujian dilakukan dan kesimpulan diperoleh, maka saran yang dapat penulis berikan antara lain:

- Dilakukan pengujian terhadap bahan bakar campuran dengan aditif guna memperoleh properties bahan bakar yang lebih dalam.
- Perlu dilakukan studi lanjutan terhadap pengaruh bahan bakar yang menggunakan zat aditif *oxygenated*.
- Melakukan perawatan berkala dan kalibrasi terhadap motor uji dan alat - alat pendukung pengujian.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam proses pengujian dan pembuatan laporan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Abikusna, S., Sugiarto, B., & Suntoro D. (2017). Low Grade Bioethanol for Fuel Mixing on Gasoline Engine Using Distillation Process. in AIP Conference Proceedings. AIP Publishing.
- Abikusna, S. (2018). The Effect of Additive on Combustion Characteristics and Cycle to Cycle Variations on SI Engine Fueled by Gasoline and Bioethanol, Technology organic and inorganic substances. P. 27-37. Doi: 10.15587/1729-4061.2018.147585
- Abikusna, S., B. Sugiarto, & Zulfan, A. (2017). Fuel consumption and emission on fuel mixer low-grade bioethanol fuelled motorcycle. in MATEC Web of Conferences. EDP Sciences.
- Costa, R. C., & Sodré, J.R. (2011). Compression ratio effects on an ethanol/gasoline fuelled engine performance. Applied Thermal Engineering, 31(2): p. 278-283. de Melo, T.C.C., et al., 2012. Hydrous ethanol-gasoline blends-Combustion and emission investigations on a Flex-Fuel engine. Fuel, 97: p. 796-804.

- Costa, R.C. & Sodré, J.R. (2009) . Hydrous Ethanol Vs. Gasoline-Ethanol Blend: Engine Performance and Emissions. *International Journal of Fuel*
- Gao, J. D. J., & Huang, Z. (2007). Spray Properties of Alternative Fuels: A Comparative Analysis of Ethanol-Gasoline Blends and Gasoline. *Fuel*. 86(10): p. 1645-1650.
- Keith, O., & Trevor, C. (1995). *Automotive fuels reference book*. Society of Automotive Engineers, Inc. Warrendale, p. 487.
- Gholamhassan, N. B. G., Yusaf, T. Safieddin, S. M., & Ardebili, R.M. (2015). Optimization of performance and exhaust emission parameters of a SI (spark ignition) engine with gasoline-ethanol blended fuels using response surface methodology. *Elsevier, energy xxx*: p. 15.
- Jang, S. H., & Choi, J. H. (2016). Comparison of fuel consumption and emission characteristics of various marine heavy fuel additives. *Applied Energy*, 179, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.122>
- Monasari, R., Abikusna, S., Sugiarto, B., & Ajiseno, B. (2018). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Analysis of emission gas and fuel consumption on SI engine fueled with low-grade bioethanol and oxygenated cycloheptanol additive Analysis of emission gas and fuel consumption on SI engine fueled with low-grade bioethanol and oxygenated cycloheptanol additive. 105, 12058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012058>
- Srinivasan, C. A., & Saravanan, C. (2010). Study of Combustion Characteristics of an SI Engine Fuelled with Ethanol and Oxygenated Fuel Additives. *Journal of Sustainable Energy & Environment*. 1(2): p. 85-91.
- Sugiarto, B. (2002) *Motor Pembakaran Dalam*. Jakarta: Universitas Indonesia. ISBN 979-97726-7-2.
- Thangavelu, S. K., Ahmed, A. S., & Ani, F. N. (2016). Review on Bioethanol as Alternative Fuel for Spark Ignition Engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 56: p. 820-835
- Zhao, L., Wang, X., Wang, D., & Su, X. (2020). Investigation of the effects of lean mixtures on combustion and particulate emissions in a DISI engine fueled with bioethanol-gasoline blends. *Fuel*, 260, 116096. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116096>