

PENGARUH PENAMBAHAN ETANOL 20% DAN 25% PADA BAHAN BAKAR GASOLINE (RON 92) TERHADAP PERFORMA MESIN MOTOR BAKAR 4-LANGKAH MENGGUNAKAN SISTEM DUAL INJEKSI

Muchammad Ali Fiqri Said¹, Riswan Sepriyatno^{1,2}, Ena Marlina^{1,2}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Malang,

² Agro-Renew Center for Energi Water and Environment Technologies, Universitas Islam Malang,
Jl.MT.Haryono 193 Malang 65114, Indonesia

e-mail: kepanjenkepanjen01@gmail.com,

e-mail: riswansepriyatno@unisma.ac.id

e-mail: enamarlina@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan etanol 20% dan 25% pada bahan bakar gasoline RON 92 terhadap performa mesin motor bakar 4-langkah menggunakan sistem *dual* injeksi. Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen menggunakan sepeda motor Suzuki Satria FU 150cc yang diproduksi pada tahun 2013. Variasi bahan bakar yang digunakan meliputi gasoline RON 92 murni (E0), penambahan 20% (E20), dan penambahan 25% (E25), dengan pengujian pada putaran mesin 5000, 6000, 7000, 8000 dan 9000 rpm. Parameter yang dianalisis mencakup torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), dan tekanan efektif rata-rata (MEP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan etanol memberikan pengaruh terhadap karakteristik performa mesin. Torsi tertinggi sebesar 13 Nm diperoleh E25 pada 7000 rpm, sedangkan daya tertinggi sebesar 15,5 kW diperoleh E20 pada 9000 rpm. Penambahan etanol juga menghasilkan FC dan SFC yang lebih rendah dibandingkan gasoline murni, dengan SFC terendah sebesar 0,08 kg/kW.jam pada E25 pada 7000 rpm. Secara keseluruhan penambahan etanol 20% dan 25% menunjukkan performa dan efisiensi bahan bakar yang lebih baik, terutama pada putaran mesin menengah.

Kata kunci: Etanol, Sistem Dual Injeksi, Motor Bakar 4 Langkah, Performa Mesin, Gasoline RON 92.

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of adding 20% and 25% ethanol to RON 92 gasoline on the performance of a 4-stroke internal combustion engine equipped with a dual-injection system. An experimental approach was employed using a 2013 Suzuki Satria FU 150cc motorcycle. The fuel variations tested included pure RON 92 gasoline (E0), a 20% ethanol blend (E20), and a 25% ethanol blend (E25), with testing conducted at engine speeds of 5000, 6000, 7000, 8000, and 9000 rpm. The parameters analyzed included torque, effective power, fuel consumption (FC), specific fuel consumption (SFC), and mean effective pressure (MEP). The results indicate that the addition of ethanol influenced engine performance characteristics. The highest torque of 13 Nm was achieved with E25 at 7000 rpm, while the highest power of 15.5 kW was achieved with E20 at 9000 rpm. Ethanol addition also resulted in lower FC and SFC compared to pure gasoline, with the lowest SFC of 0.08 kg/kW-h recorded for E25 at 7000 rpm. Overall, the addition of 20% and 25% ethanol demonstrated improved performance and fuel efficiency, particularly at mid-range engine speeds.

Keywords: Ethanol, Dual-Injection System, 4-Stroke Internal Combustion Engine, Engine Performance, RON 92 Gasoline.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi pada sektor transportasi mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan aktivitas masyarakat dan perkembangan kendaraan bermotor. Motor bakar masih digunakan luas di sektor transportasi karena kemampuannya mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis dengan cara membakar bahan bakar di dalam ruang pembakaran. Motor bakar memiliki peranan penting dalam berbagai bidang khususnya transportasi, konstruksi, dan pembangkitan energi sehingga peningkatan efisiensi dan kinerja mesin menjadi salah satu aspek yang terus dikembangkan [1]-[2]. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus juga mendorong pengembangan bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi tidak terbarukan [3].

Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi digunakan pada motor bensin adalah etanol. Etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar maupun sebagai bahan pencampuran bensin karena memiliki kandungan oksigen dan nilai oktan yang relatif tinggi. Penambahan etanol pada bensin berpotensi meningkatkan kualitas proses pembakaran serta memengaruhi karakteristik kinerja mesin [4]. Penggunaan campuran etanol dan gasoline RON 92 juga telah menunjukkan pengaruh terhadap kinerja motor bakar 4-langkah, terutama pada parameter torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar [5]. Penambahan etanol pada bahan bakar bensin dapat meningkatkan karakteristik pembakaran dan performa mesin karena kandungan oksigen dalam etanol dapat membantu proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara [6]. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa variasi komposisi etanol dapat menghasilkan karakteristik performa yang berbeda pada setiap putaran mesin [7].

Gasoline RON 92 merupakan salah satu bahan bakar yang digunakan pada kendaraan bermotor dengan tuntutan nilai oktan lebih tinggi. Angka oktan menunjukkan kemampuan bahan bakar dalam menahan terjadinya pembakaran spontan akibat tekanan dan temperatur tinggi selama proses kompresi. Semakin tinggi angka oktan, semakin besar kemampuan bahan bakar untuk menahan kecenderungan terjadinya *knocking* sebelum pembakaran yang dipicu oleh busi [8]. Pencampuran etanol dengan gasoline RON 92 menjadi salah satu

alternatif yang dapat dikaji untuk memperoleh karakteristik bahan bakar dengan kualitas pembakaran yang lebih baik. Penelitian mengenai penambahan etanol dengan bensin menunjukkan bahwa perubahan komposisi penambahan dapat memberikan pengaruh terhadap proses pembakaran, performa, dan karakteristik emisi mesin [9]-[10].

Penggunaan campuran etanol dan gasoline secara langsung masih memiliki permasalahan berupa pemisahan fase. Etanol mempunyai sifat higroskopis dan polar, sedangkan gasoline bersifat nonpolar. Perbedaan karakteristik tersebut dapat menyebabkan ketidakstabilan campuran, terutama apabila terdapat kandungan air cukup tinggi, sehingga campuran dapat mengalami pemisahan menjadi fase yang berbeda [11]. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi distribusi bahan bakar dan berpotensi mengganggu proses pembakaran. Permasalahan pencampuran tersebut menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan bahan bakar campuran etanol dan bensin, sehingga dibutuhkan cara memasukkan bahan bakar yang bisa memberikan penyebaran bahan bakar secara lebih merata.

Sistem injeksi bahan bakar memberikan kemampuan pengaturan jumlah dan waktu penyemprotan bahan bakar secara lebih terkontrol dibandingkan sistem bahan bakar konvensional. Sistem *Electronic Fuel Injection* (EFI) dapat mengatur volume dan waktu penyemprotan bahan bakar sesuai kondisi kerja mesin sehingga proses pembentukan campuran udara dan bahan bakar dapat berlangsung lebih baik [12]. Pengaturan sistem injeksi juga berpengaruh terhadap proses pembakaran dan karakteristik emisi mesin, terutama melalui perubahan waktu penginjeksian dan kondisi campuran bahan bakar [13]. Dibandingkan sistem karburator, sistem injeksi juga memiliki kemampuan pengaturan pemasukan bahan bakar yang lebih baik sehingga dapat mendukung efisiensi penggunaan bahan bakar [14].

Salah satu pengembangan sistem pemasukan bahan bakar adalah *Dual Injection* yaitu sistem yang menggabungkan *Port Fuel Injection* (PFI) dan *Direct Injection* (DI). PFI menyemprotkan bahan bakar pada saluran masuk, sedangkan DI menyemprotkan bahan bakar secara langsung ke dalam ruang bakar. Kombinasi kedua metode tersebut dapat memanfaatkan keunggulan masing-masing sistem untuk meningkatkan proses pencampuran,

pembakaran, dan efisiensi mesin [15]-[16]. Penelitian mengenai *Dual Injection* menunjukkan bahwa strategi penginjeksian bahan bakar dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran, performa mesin, serta emisi partikulat pada motor bensin [17]. Penggunaan sistem *Dual Injection* dengan bahan bakar gasoline dan etanol juga telah dilaporkan memiliki potensi dalam meningkatkan karakteristik performa dan emisi mesin [18].

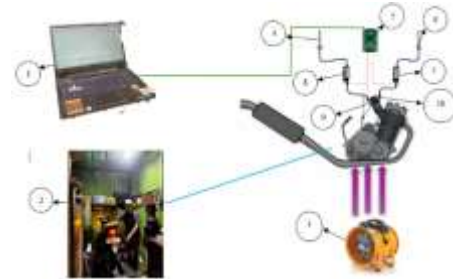
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh penambahan etanol terhadap performa motor bensin. [19] melaporkan bahwa penambahan etanol pada gasoline RON 92 dapat meningkatkan performa motor Satria FU 150cc, dengan campuran tertentu bisa menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar dibandingkan menggunakan bahan bakar yang tidak mengandung etanol. Penelitian [20] juga menunjukkan bahwa penggunaan campuran bioetanol-gasoline RON 92 memberikan pengaruh terhadap torsi dan daya, dengan komposisi campuran tertentu menghasilkan performa optimum. Penelitian [21] menunjukkan bahwa penambahan etanol pada gasoline RON 92 dapat meningkatkan torsi dan daya hingga komposisi tertentu, tetapi peningkatan kadar etanol tidak selalu menghasilkan peningkatan performa secara terus-menerus. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi etanol dan karakteristik sistem pemasukan bahan bakar merupakan faktor penting yang menentukan respons kinerja mesin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini sesuai dengan usaha meningkatkan efisiensi mesin dengan menggunakan campuran etanol dan bensin RON 92 melalui sistem injeksi ganda. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang dampak campuran bahan bakar tersebut terhadap parameter kinerja mesin, seperti tenaga, torsi, efisiensi termal, dan penggunaan bahan bakar. Pemakaian etanol yang memiliki angka oktan lebih tinggi dibanding bensin konvensional dapat meningkatkan kualitas pembakaran dan mengurangi kecenderungan *knock*, sehingga kinerja mesin dapat optimal. Sistem *dual* injeksi membuat campuran bahan bakar lebih merata dan proses pembakaran menjadi lebih hemat energi. Penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan kontribusi ilmiah berupa pengetahuan baru mengenai peningkatan kinerja mesin dan optimasi pemanfaatan

bahan bakar campuran dalam sistem pembakaran kontemporer.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan tujuan untuk menguji dampak penambahan bahan bakar etanol dan gasoline RON 92 terhadap kinerja mesin motor bakar 4 langkah yang menggunakan sistem injeksi ganda. Penelitian ini menggunakan sepeda motor Suzuki Satria FU 150cc tahun 2013 sebagai bahan uji.



Gambar 1. Skema Instalasi Penelitian

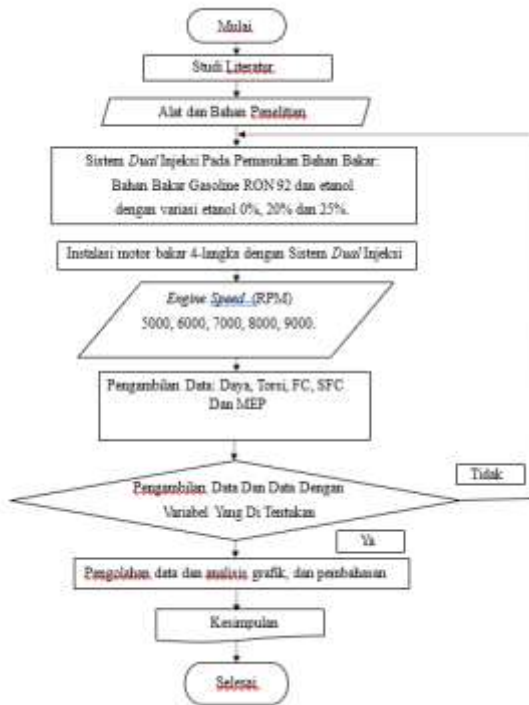
Urutan kerja pada skema instalasi penelitian dimulai dari laptop (1) sebagai perangkat pengontrol dan pemantauan, kemudian mesin dynotest (2) digunakan untuk menguji performa mesin, sedangkan blower (3) berfungsi menjaga kondisi mesin selama pengujian. Bahan bakar gasoline RON 92 dari tabung buret (4) dan etanol dari tabung buret (6) dialirkan melalui pompa bahan bakar (8 dan 7) menuju injektor gasoline (10) dan injektor etanol (9). Penyemprotan kedua bahan bakar tersebut diatur oleh pengontrol sistem *Dual Injection* (5) sebelum masuk ke mesin untuk proses pembakaran dan menghasilkan tenaga yang diukur melalui dynotest.

Metode Analisis

Metode analisis data dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan hasil pengujian pada variasi bahan bakar E0, E20, dan E25 pada putaran 5000–9000 RPM. Parameter yang dianalisis mencakup torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), serta tekanan efektif rata-rata (MEP). Data torsi dan daya diperoleh dari hasil pengujian dynotest, sedangkan FC dihitung berdasarkan volume bahan bakar yang digunakan selama 20 detik dan massa jenis bahan bakar. Nilai SFC dan MEP selanjutnya ditentukan berdasarkan data hasil pengujian dan perhitungan. Seluruh data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dibandingkan pada setiap

variasi putaran dan komposisi bahan bakar untuk mengetahui pengaruh penambahan etanol terhadap performa mesin serta menentukan kondisi pengujian dengan performa dan efisiensi terbaik.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



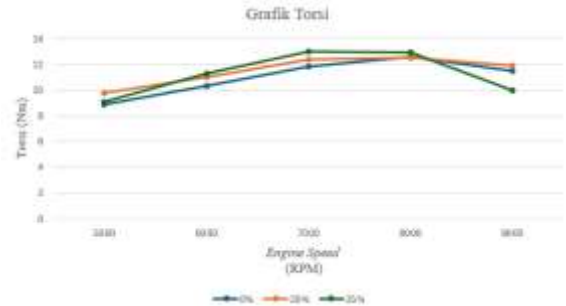
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Torsi

Tabel 1. Hasil pengambilan data torsi (Nm)

Engine Speed (RPM)	Torsi		
	Gasoline Murni	Penambahan 20%	Penambahan 25%
5000	8,9	9,8	9,1
6000	10,3	11	11,3
7000	11,8	12,4	13
8000	12,61	12,5	12,9
9000	11,5	11,9	10

Tabel hasil pengambilan data torsi tampaknya semakin meningkat saat putaran mesin bertambah hingga mencapai titik tertinggi, lalu mengalami penurunan pada putaran yang lebih besar. Penambahan etanol 20% dan 25% mampu menghasilkan torsi yang cukup tinggi pada putaran menengah, tetapi pada putaran tinggi terjadi penurunan torsi, terutama pada penambahan etanol 25%.



Gambar 2. Grafik Torsi

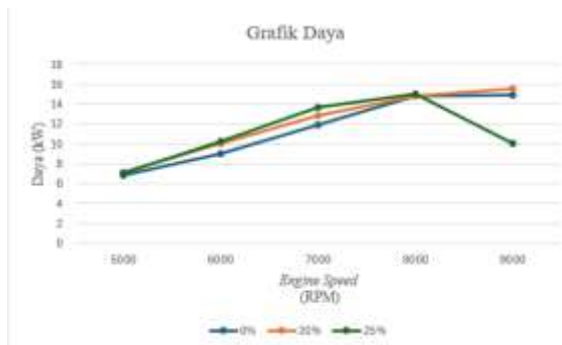
Hasil pengujian pada grafik torsi dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada Gasoline RON 92 mampu meningkatkan torsi mesin pada rentang putaran rendah hingga menengah (5000–7000 rpm), dengan torsi tertinggi sebesar 13 Nm dicapai oleh penambahan 25% pada 7000 rpm. Putaran tinggi (9000 rpm), penambahan etanol khususnya pada komposisi 25% justru menurunkan torsi secara signifikan hingga di bawah performa bahan bakar murni, akibat keterbatasan waktu pembakaran dan nilai kalor etanol yang lebih rendah. Penambahan etanol memberikan manfaat optimal terhadap torsi pada putaran rendah hingga menengah, namun kurang menguntungkan apabila mesin dioperasikan secara konsisten pada putaran sangat tinggi.

2. Daya Efektif

Tabel 2. Hasil pengambilan data daya efektif (kW)

Engine Speed (RPM)	Daya		
	Gasoline Murni	Penambahan 20%	Penambahan 25%
5000	6,8	7,2	7
6000	9	10,1	10,3
7000	11,9	12,8	13,7
8000	14,8	14,8	15
9000	14,9	15,5	10,1

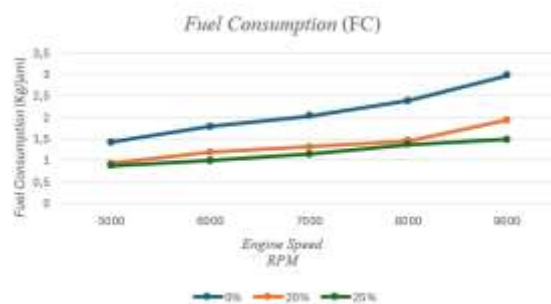
Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa daya mesin cenderung semakin meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin, hal ini terjadi pada semua jenis bahan bakar yang digunakan. Penambahan etanol 20% dan 25% menunjukkan peningkatan daya pada putaran rendah hingga menengah. Putaran tinggi terdapat kecenderungan penurunan daya pada penambahan etanol, terutama pada penambahan etanol 25%.



Gambar 3. Grafik Daya Efektif

Hasil pengujian pada grafik daya dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada Gasoline RON 92 mampu meningkatkan daya mesin pada rentang putaran 5000–8000 rpm, dengan daya tertinggi sebesar 15,5 kW dicapai oleh penambahan 20% pada 9000 rpm. Putaran 9000 rpm, daya mengalami penurunan pada seluruh penambahan etanol, dengan penurunan paling drastis terjadi pada penambahan 25% akibat pembakaran yang tidak sempurna. Bahan bakar murni (0%) justru menunjukkan tren peningkatan daya yang terus berlanjut hingga putaran tertinggi. Penambahan etanol 20% dan 25% memberikan keunggulan daya pada putaran rendah hingga menengah-tinggi, tetapi kurang stabil dibandingkan bahan bakar murni apabila mesin dioperasikan pada putaran sangat tinggi.

3. Konsumsi Bahan Bakar (FC)

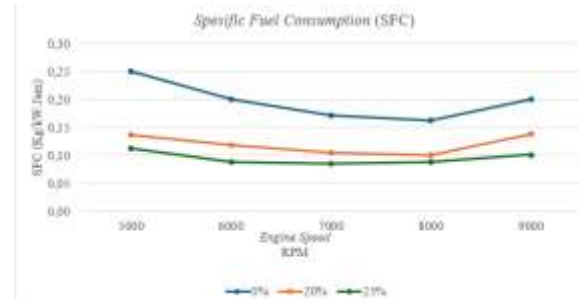


Gambar 4. Grafik Konsumsi Bahan Bakar (FC)

Grafik data Konsumsi Bahan Bakar dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada Gasoline RON 92 secara konsisten menurunkan konsumsi bahan bakar (FC) pada seluruh variasi putaran mesin, dengan FC terendah diperoleh pada penambahan 25%. Penurunan ini terutama disebabkan oleh densitas bahan bakar penambahan yang lebih rendah dibandingkan Gasoline murni, serta kandungan oksigen etanol yang membantu pembakaran menjadi lebih

efisien. Semakin besar proporsi etanol yang ditambahkan, semakin rendah pula nilai FC yang dihasilkan pada setiap putaran mesin, sehingga penambahan etanol dapat dikatakan efektif dalam menekan konsumsi bahan bakar motor bakar 4 langkah yang diuji.

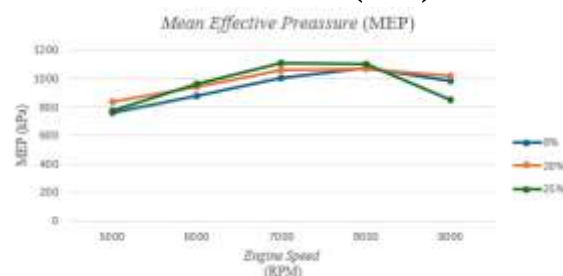
4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)



Gambar 5. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Grafik data Konsumsi Bahan Bakar Spesifik dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada Gasoline RON 92 secara umum menurunkan nilai SFC dibandingkan bahan bakar murni, yang menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar. Nilai SFC terendah sebesar 0,08 kg/kW.jam diperoleh pada penambahan 25% di putaran 7000 rpm, menjadikan komposisi ini yang paling efisien pada kondisi putaran menengah. Pada putaran 9000 rpm, efisiensi penambahan 25% menurun tajam hingga melampaui SFC penambahan 20%, sejalan dengan penurunan daya yang terjadi pada putaran tersebut. Efisiensi bahan bakar terbaik dicapai pada penambahan etanol 20–25% dengan kondisi operasi putaran menengah (6000–8000 rpm), sedangkan pada putaran sangat tinggi, penambahan dengan proporsi etanol lebih rendah cenderung lebih stabil.

5. Tekanan Efektif Rata-Rata (MEP)



Gambar 6. Garfik Tekanan Efektif Rata-Rata (MEP)

Grafik data Tekanan Efektif Rata-Rata dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada Gasoline RON 92 mampu meningkatkan tekanan efektif rata-rata (MEP) pada rentang putaran 5000–7000 rpm, dengan nilai MEP tertinggi sebesar 1.059 kPa dicapai oleh penambahan 20% dan 25% pada 7000 rpm. Putaran 8000–9000 rpm, MEP pada penambahan etanol cenderung menurun lebih tajam dibandingkan bahan bakar murni, terutama pada penambahan 25% yang mengalami penurunan paling signifikan hingga 640 kPa pada 9000 rpm. Pola ini sejalan dengan hasil torsi, mengingat MEP secara matematis berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan mesin. Penambahan etanol memberikan tekanan pembakaran yang lebih baik pada putaran menengah, tetapi kurang efektif dipertahankan pada kondisi putaran sangat tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh penambahan etanol ke dalam bahan bakar Gasoline RON 92 yang menggunakan sistem injeksi ganda terhadap performa mesin motor bakar 4 langkah Suzuki Satria FU 150 cc pada berbagai variasi putaran mesin, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Penambahan etanol ke dalam bahan bakar Gasoline RON 92 dengan menggunakan sistem injeksi ganda berdampak pada kemampuan mesin motor bakar 4 langkah Suzuki Satria FU 150 cc. Pengaruh tersebut menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan bakar dapat mengubah karakteristik kerja mesin dibandingkan penggunaan Gasoline RON 92 murni.
2. Pengaruh penambahan etanol ke dalam bahan bakar Gasoline RON 92 dengan menggunakan sistem injeksi ganda memberikan pengaruh terhadap performa mesin yang mencakup torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar (FC), konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), serta tekanan efektif rata-rata (MEP). Penambahan etanol 20% dan 25% menunjukkan keunggulan pada efisiensi penggunaan bahan bakar, ditandai dengan penurunan nilai FC dan SFC dibandingkan Gasoline RON 92 murni, serta peningkatan MEP pada putaran 5000–7000 rpm. Nilai SFC terbaik diperoleh pada penambahan etanol 25% pada 7000 rpm sebesar

0,08 kg/kW.jam, sedangkan MEP tertinggi sebesar 1.059 kPa diperoleh pada penambahan etanol 20% dan 25% pada 7000 rpm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dual injeksi dengan penambahan etanol memiliki potensi meningkatkan efisiensi dan performa mesin.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengujian performa mesin dengan variasi bahan bakar Gasoline RON 92 dan etanol 0%, 20%, dan 25% menggunakan sistem dual injeksi menunjukkan adanya perbedaan karakteristik performa pada setiap variasi putaran mesin. Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar etanol yang lebih beragam, baik di bawah 20% maupun di atas 25%, sehingga dapat diperoleh komposisi campuran optimum yang mampu menghasilkan performa mesin terbaik pada seluruh rentang putaran mesin.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jenis bahan bakar dasar dan jenis kendaraan atau kapasitas mesin yang berbeda untuk melihat konsistensi pola peningkatan performa akibat penambahan etanol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kumar and Mr. V. Diwakar, "Performance of Internal Combustion Engine - A Review," *SMART MOVES JOURNAL IJOSCIENCE*, pp. 1–8, Jan. 2022, doi: 10.24113/ijoscience.v7i11.451.
- [2] Z. Yue and H. Liu, "Advanced Research on Internal Combustion Engines and Engine Fuels," Aug. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/en16165940.
- [3] I. Maridjo, A. R. Yuliyani, J. Teknik, K. Energi, and P. N. Bandung, "PENGARUH PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTALITE DAN PERTAMAX TERHADAP KINERJA MOTOR 4 TAK," 2019.

- [4] Amrullah, M. Syahrir, and M. Syafrun, "Analisis Pengaruh Pencampuran Bietanol dengan Pertamina terhadap Prestasi Mesin Motor 4 Langkah Type TD 110 DATA 115," *TEKNOLOGI*, vol. 26, no. 2, pp. 01–08, 2024.
- [5] I. Hermawan, M. Idris, D. Darianto, and M. Y. R. Siahaan, "Kinerja Mesin Motor 4 Langkah dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Pertamina," *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, vol. 5, no. 2, pp. 202–210, Dec. 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i2.5787.
- [6] Nofendri, "Pengaruh Penambahan Aditif Etanol pada Bensin RON 88 dan RON 92 Terhadap Prestasi Mesin," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 2018.
- [7] S. D. N. Rosady, A. K. Wafa, and E. N. Sari, "PENGARUH PENAMBAHAN ETANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP PERFORMA MESIN EMPAT LANGKAH 150 CC," *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi, dan Otomotif*, vol. 1, no. 2, pp. 78–83, 2023.
- [8] F. Otriza, T. Sugiarto, D. Fernandez, and D. S. Putra, "Analisis Variasi Research Octane Number (RON) Bahan Bakar Terhadap Performa Mesin Daihatsu Xenia K3-VE," *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, vol. 1, no. 3, pp. 411–422, Aug. 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i3.89.
- [9] M. O. El-Faroug, F. Yan, M. Luo, and R. F. Turkson, "Spark ignition engine combustion, performance and emission products from hydrous ethanol and its blends with gasoline," Dec. 01, 2016, *MDPI AG*. doi: 10.3390/en9120984.
- [10] R. Kunwer, R. S. Pasupuleti, S. S. Bhurat, K. S. Gugulothu, and N. Rathore, "Blending of ethanol with gasoline and diesel fuel – A review," *Mater Today Proc*, vol. 69, pp. 560–563, 2022.
- [11] K. Thanikasalam *et al.*, "A review of phase separation issues in aviation gasoline fuel and motor gasoline fuels in aviation," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/370/1/012007.
- [12] K. T. Raharjo, T. Setiawan, and F. Fakhri, "ANALISA PERFORMA MESIN HONDA VARIO 125 FI DENGAN VARIASI INJECTOR STANDAR DAN RACING," *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 50–57, 2022.
- [13] M. S. Firmansyah, Wawan Purwanto, Hasan Maksum, Ahmad Arif, and M. Yasep Setiawan, "Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO₂ dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar," *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 145–158, Feb. 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i2.6.
- [14] I. Nyoman Suparta, I. Made Suarta, P. Gede, S. Rahtika, D. Putu, and W. Sunu, "Perbandingan konsumsi bahan bakar pada sistem injeksi dan sistem karburator," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology Journal homepage*, vol. 2, pp. 108–113, 2021, [Online]. Available: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
- [15] Y. Huang, N. C. Surawski, Y. Zhuang, J. L. Zhou, and G. Hong, "Dual injection: An effective and efficient technology to use renewable fuels in spark ignition engines," Jun. 01, 2021, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2021.110921.
- [16] I. Maruf *et al.*, "PENGARUH ECU STANDAR DAN ECU RACING TERHADAP PERFORMA MOTOR BENSIN YAMAHA VIXION 150 CC," 2023.
- [17] M. Mohamed, X. Wang, H. Zhao, and J. Hall, "Effects of dual injection operations on combustion performances and particulate

- matter emissions in a spark ignition engine fuelled with second-generation biogasoline,” *International Journal of Engine Research*, vol. 25, no. 11, pp. 2073–2087, Nov. 2024, doi: 10.1177/14680874241261128.
- [18] B. Sulisty, H. Sofyan, T. Sukardi, and A. Widianto, “Performance and Emission Characteristics Using Dual Injection System of Gasoline and Ethanol,” *Automotive Experiences*, vol. 6, no. 2, pp. 245–258, May 2023, doi: 10.31603/AE.8070.
- [19] D. Suanggana, K. D. Radiantho, and D. A. Puspitasari, “Efek Penambahan Etanol Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Performa Motor Satria F 150,” *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 116, Oct. 2023, doi: 10.29303/dtm.v13i2.702.
- [20] A. Yudistirani, K. H. Mahmud, F. A. Ummamy, and A. I. Ramadhan, “ANALISA PERFORMA MESIN MOTOR 4 LANGKAH 110CC DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN BIOETANOL-PERTAMAX,” *Januari*, vol. 11, no. 1, 2019, doi: 10.24853/jurtek.11.1.85-90.
- [21] M. A. Wahyu, N. A. Mufarida, and Kosjoko, “PENGARUH PROSENTASE PENAMBAHAN ETHANOL PADA BAHAN BAKAR PERTALITE TERHADAP DAYA DAN TORSI PADA MESIN MOTOR MATIC 125 CC ,” *J-Protksion*, vol. 3, no. 2, pp. 15–28, 2019.