



Effect of Water Injection System on 100cc Engine with LPG Fuel on Specific Fuel Consumption and Engine Temperature

Pengaruh *Water Injection System* pada Mesin 100cc Berbahan Bakar LPG Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik dan Temperatur Mesin

Reynaldi Akbar Ali^{1*}, Novangga Adi Mulyono¹, Audha Fitrah Aulina¹

Abstract

The number of motorized vehicles in Indonesia is increasing. Therefore, alternative fuels are needed to meet the needs. One of them is LPG (liquefied petroleum gas). However, in its application, the engine temperature becomes hotter, making it less efficient, and specific fuel consumption is not optimal. The Water Injection System is one of the additional technologies that can be used to reduce engine heat. This study will compare the results of specific fuel consumption and engine wall temperature with adding a water injection system on a 100cc engine. The data collection results on specific fuel consumption at 3000 RPM without water injection showed the highest figure at 0.0410 (kg/HP.hour), with the addition of a water injection system, it produced 0.0405 (kg/HP.hour). The average engine working temperature without a water injection system was 90.3 °C while adding a water injection system showed 87.8 °C.

Keywords

Fuel, LPG, Specific Fuel Consumption, Water Injection System.

Abstrak

Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia semakin meningkat. Untuk itu diperlukan bahan bakar alternatif untuk memenuhi kebutuhan. Salah satunya adalah LPG (*liquefied petroleum gas*). Namun pada aplikasinya, temperatur mesin menjadi lebih panas, sehingga kurang efisien dan konsumsi bahan bakar spesifiknya tidak optimal. *Water injection System* adalah salah satu teknologi tambahan yang dapat digunakan untuk mengurangi panas mesin. Penelitian ini akan membandingkan hasil *specific fuel consumption* dan temperatur dinding mesin dengan penambahan *water injection system* pada mesin 100cc. Hasil pengambilan data *specific fuel consumption* pada 3000 RPM tanpa *water injection* menunjukkan angka tertinggi di 0,0410 (kg/HP.jam) dan dengan penambahan *water injection system* menghasilkan 0,0405 (kg/HP.jam). Temperatur kerja mesin rata rata tanpa *water injection system* menunjukkan 90,3 °C sedangkan ketika menambahkan *water injection system* menunjukkan 87,8 °C.

Kata Kunci

Bahan Bakar, LPG, Specific Fuel Consumption, Water Injection System.

¹ Department Engineering, Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip, Jember, Jawa Timur 68121

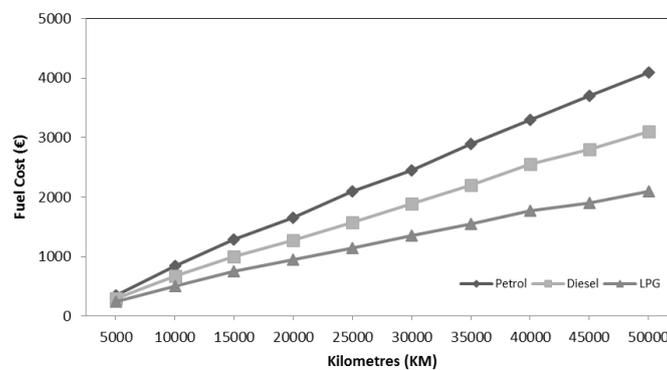
*reynaldi_akbar@polije.ac.id

Submitted : December 13, 2024. Accepted : December 30, 2024. Published : December 31, 2024



PENDAHULUAN

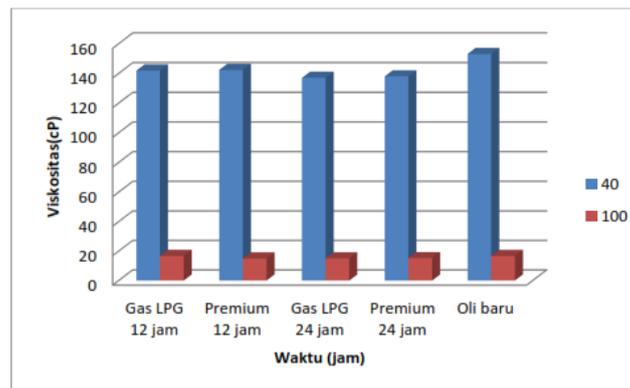
Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia setiap tahunnya pasti mengalami peningkatan. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh BPS pada tahun 2023 jumlah kendaraan bermotor yang ada di Indonesia sebanyak 157.080.504 unit, sangat meningkat jauh dengan data 2020 sebesar 136.137.735 unit [1]. Semakin banyaknya jumlah kendaraan yang ada, maka semakin banyak juga kebutuhan bahan bakar minyak yang diperlukan untuk kendaraan bermotor. Keterbatasan bahan bakar minyak membuat kita harus mencari bahan bakar alternatif. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah LPG (*liquified petroleum gas*). Sebagai perbandingan, biaya yang dikeluarkan untuk menempuh jarak 100 km menggunakan bahan bakar LPG pada kendaraan lebih hemat dan efisien dari pada menggunakan bahan bakar bensin. Selain itu, kandungan emisi gas buang karbon dioksida LPG sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan bensin, berikut pada [Gambar 1](#), grafik perbandingan jarak yang dapat ditempuh dengan biaya yang harus dikeluarkan [2].



[Gambar 1](#). Perbandingan Jarak Tempuh dan Biaya Bahan Bakar

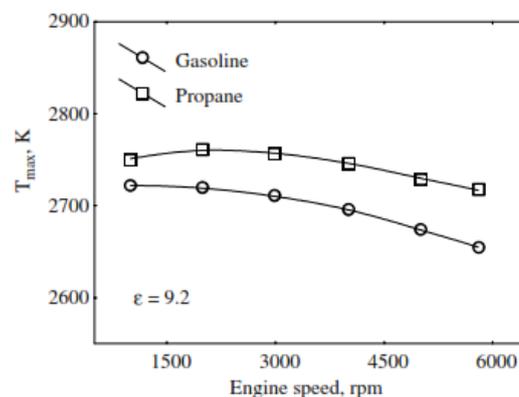
Pada [Gambar 1](#) menunjukkan penelitian yang sudah dilakukan menyebutkan bahwa semakin bertambahnya jarak tempuh yang dilakukan, selisih biaya yang dikeluarkan antara bahan bakar LPG, diesel, dan bensin semakin jauh perbedaannya. Namun pada aplikasinya di kendaraan bermotor, LPG memiliki salah satu kekurangan yaitu temperatur mesin yang dihasilkan menjadi lebih panas. Penambahan bahan bakar LPG pada mesin diesel membuat temperatur gas buang meningkat, dikarenakan sebanding dengan jumlah gas yang dimasukkan ke ruang bakar [3]. Meningkatnya temperatur pada mesin ini membuat penggunaan LPG pada kendaraan mengakibatkan konsumsi bahan bakar spesifiknya kurang optimal dan efisien, dikarenakan nilai kalor dari bahan bakar LPG cukup tinggi. Sifat fisiokimia bahan bakar, seperti kepadatan bahan bakar, viskositas dan nilai kalor akan mempengaruhi nilai *specific fuel consumption* [4].

Namun penggunaan gas LPG sebagai bahan bakar dapat menurunkan nilai viskositas minyak pelumas dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium [5]. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, penggunaan bahan bakar LPG pada kendaraan mengakibatkan semakin meningkatnya temperatur pada mesin, sehingga nilai viskositas minyak pelumas pada kendaraan tersebut menurun, hal ini akan mempengaruhi efisiensi serta performa mesin yang dihasilkan. Grafik nilai viskositas pelumas mesin dapat ditampilkan [Gambar 2](#).



Gambar 2. Perbandingan Viskositas Oli Mesin

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa untuk kendaraan yang menggunakan bahan bakar LPG dalam waktu 24 jam menunjukkan nilai viskositas pelumas yang lebih rendah dibandingkan kendaraan yang menggunakan bahan bakar premium. Baryaktar [6] menyebutkan bahwa tekanan maksimum serta temperatur pada mesin yang menggunakan bahan bakar LPG akan lebih tinggi dari pada mesin yang menggunakan bahan bakar bensin. Penelitian yang telah dilakukan tersebut menunjukkan adanya perbedaan temperatur pada mesin yang menggunakan bahan bakar LPG dan bensin. Temperatur mesin yang menggunakan bahan bakar LPG cenderung lebih tinggi daripada mesin yang menggunakan bahan bakar bensin. Jika digunakan dalam jangka waktu yang lama akan mempengaruhi usia komponen pada mesin kendaraan. Gambar 3 berikut merupakan grafik perbandingan temperatur antara bahan bakar LPG dan bensin pada mesin.



Gambar 3. Perbandingan Suhu Bahan Bakar LPG dan Gasoline

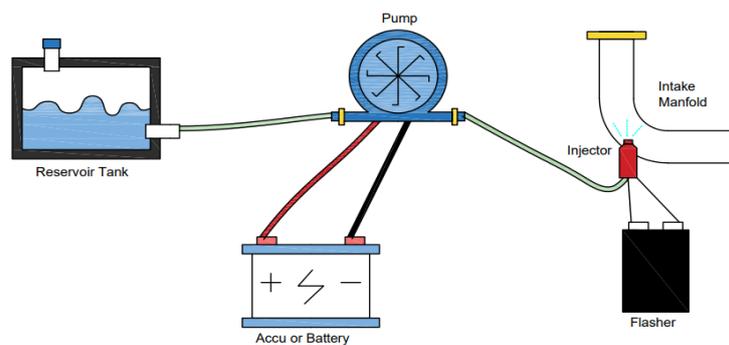
Salah satu mekanisme yang dapat digunakan untuk mengurangi panas pada mesin kendaraan adalah *water injection system*. J. Wan [7] menyebutkan bahwa teknologi *water injection system* dapat mengurangi tekanan panas dan kecenderungan *knocking* pada mesin *spark ignition*, sehingga dapat menghasilkan efisiensi thermal yang lebih baik. *Water injection system* sendiri adalah sebuah mekanisme tambahan pada kendaraan yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas pembakaran dalam blok silinder dengan cara menginjeksikan larutan air yang sudah dikabutkan ke dalam ruang bakar. Pada saat jumlah campuran *water injection* pada sistem bahan bakar ditingkatkan, temperatur emisi gas buang yang dihasilkan akan menurun secara linear [8].

Pronybrake Dynamometer

Pronybrake dynamometer adalah sebuah peralatan mekanis yang digunakan untuk mengukur performa dari mesin yaitu torsi dan daya [9]. *Pronybrake Dynamometer* adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui performa mesin. Data yang dihasilkan dari *pronybrake dynamometer* berupa beban dengan satuan (kg), sehingga butuh dikonversi dan dilakukan perhitungan ke dalam satuan daya (HP) dan Torsi (Nm).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan membandingkan antara mesin berbahan bakar LPG tanpa menggunakan *water injection system* dengan mesin yang menggunakan *water injection system*. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin bensin konvensional 4 langkah berkapasitas 100cc yang telah di konversi menggunakan bahan bakar LPG (*liquified petroleum gas*). Bahan bakar LPG yang digunakan pada penelitian ini menggunakan LPG Pertamina 3 kg, karena selain mudah didapat ukurannya lebih praktis untuk digunakan di kendaraan bermotor. Skema *water injection system* yang ditambahkan pada subjek penelitian dapat ditampilkan pada [Gambar 4](#).

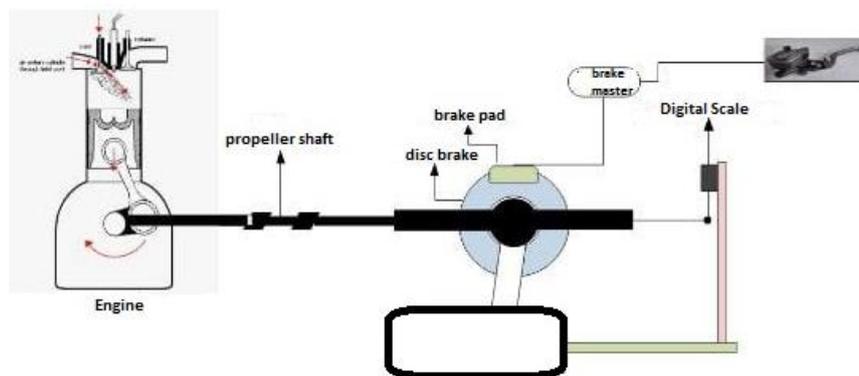


Gambar 4. Skema instalasi *Water Injection System*

Pada [Gambar 4](#) skema instalasi *water injection system* tersebut, *reservoir tank* yang digunakan untuk menampung larutan *water injection* adalah gelas ukur dengan kapasitas 25 ml dan ketelitian 0,1 ml. Pompa yang digunakan adalah *fuelpump* motor honda beat fi dengan spesifikasi tekanan 40 psi yang digunakan untuk menyalurkan larutan ke *injector*, kemudian *injector* yang digunakan adalah *injector* standar motor matic honda beat fi dengan spesifikasi 6 lubang, sedangkan sebagai sumber tegangan instalasi tersebut digunakan baterai kering 12 V.

Instalasi *water injection system* ini diletakkan pada *intake manifold* standar motor 4 langkah 100cc, karena agar pencampuran cairan *water injection system* dan bahan bakar dapat tercampur dengan baik sebelum memasuki ruang bakar. Pada saat pengambilan data, komposisi cairan *water injection system* yang digunakan adalah air murni 100%, sedangkan debit air yang digunakan adalah 2 ml/s. Hal ini merujuk pada penelitian sebelumnya dengan variasi larutan *water injection*, menunjukkan penggunaan variasi larutan air 100% memperoleh rata-rata daya yang lebih tinggi, dikarenakan adanya pasokan tambahan oksigen yang berasal dari air ke dalam ruang bakar [10]. Untuk menghitung seberapa besar daya dan torsi yang dihasilkan oleh mesin, pengambilan data dilakukan menggunakan *pronybrake dynamometer* pada putaran mesin 3000 sampai 8000 RPM dengan kelipatan 1000 RPM. Metode pengambilan data dilakukan dengan cara menghubungkan *crankshaft engine* dengan poros *pronybrake dynamometer*. Sebelum dilakukan pengambilan data final, hasil dari *pronybrake* akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *dynotest*, hal ini dilakukan untuk

meminimalisir kesalahan saat pengambilan data. Skema *pronybrake dynamometer* dapat ditampilkan [Gambar 5](#).



Gambar 5. Skema Pronybrake Dynamometer

Setelah dilakukan proses pengambilan data menggunakan *pronybrake dynamometer*, diperoleh data hasil pengujian berupa beban dalam satuan (Kg). Untuk mengetahui nilai bahan bakar spesifik, diperlukan data daya pada mesin sehingga perlu dikonversi dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan rumus daya (kW) dimana N adalah putaran mesin per detik (Rev/s) dan T adalah Torsi (Nm) yang dapat diperoleh menggunakan data beban (Kg).

$$P \text{ (kW)} = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus di atas maka dapat diketahui nilai daya pada masing-masing variabel dan tiap putaran mesin. Setelah itu, data daya yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung nilai konsumsi bahan bakar spesifik. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) merupakan perbandingan antara penggunaan bahan bakar pada kondisi tertentu (FC) dengan daya efektif (N_e).

$$\text{SFC} = \frac{F_c \text{ (kg/jam)}}{N_e \text{ (HP)}} \quad (2)$$

Pengambilan data temperatur mesin dilakukan sebanyak 3 kali, menggunakan *thermometer industry* yang memiliki *range* pengukuran -50°C hingga 400°C dengan ketelitian sebesar $0,1^\circ\text{C}$. Sebelum digunakan, termometer tersebut juga dilakukan kalibrasi dengan cara mengukur temperatur air mendidih (100°C) selama 30 detik. Kalibrasi dilakukan sebanyak 3 kali sampai hasil benar-benar akurat. Metode pengukuran temperatur mesin dilakukan di dinding luar blok mesin dan dilakukan pada 3 titik, yaitu pada sisi samping dan atas, masing-masing data di ambil sebanyak 3 kali pengambilan data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

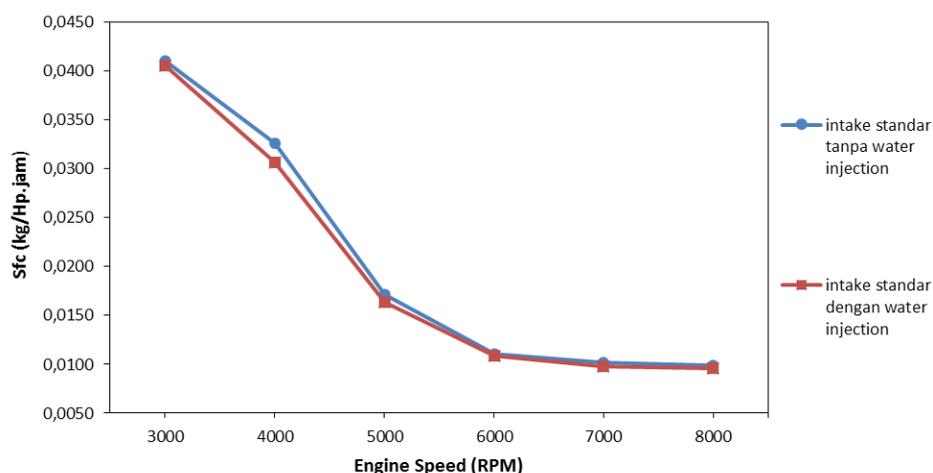
Berdasarkan proses pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh data konsumsi bahan bakar spesifik. Untuk mengetahui seberapa besar perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan, data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan antara penggunaan *water injection system* pada mesin 4 langkah 100cc berbahan bakar LPG. Pengambilan semua data dilakukan sebanyak 3 kali dan hasilnya dapat ditunjukkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik (kg/HP.jam)

No	Putaran Mesin	Intake Standar tanpa Water Injection (kg/jam.HP)	Intake Standar dengan Water Injection (kg/jam.HP)
1	3000	0.0410	0.0405
2	4000	0.0346	0.0267
3	5000	0.0171	0.0164
4	6000	0.0110	0.0108
5	7000	0.0102	0.0091
6	8000	0.0097	0.0086

Berdasarkan hasil grafik pada [Gambar 6](#) ditunjukkan nilai konsumsi bahan bakar spesifik dari kedua variabel mengalami penurunan mulai dari 3000 RPM sampai dengan 8000 RPM. Penyebab nilai konsumsi bahan bakar spesifik mengalami penurunan adalah daya yang dihasilkan pada saat putaran mesin tinggi semakin meningkat. Semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh mesin, konsumsi bahan bakar spesifik semakin menurun. Nilai konsumsi bahan bakar spesifik akan menurun pada saat putaran mesin meningkat [11]. Hal ini dikarenakan pada putaran tinggi, usaha yang diperlukan mesin untuk mencapai daya maksimum tidak sebanyak pada saat putaran rendah rendah.

Penggunaan *water Injection system* juga membuat angka konsumsi bahan bakar spesifik lebih rendah. Sunaryo [4] menyebutkan nilai kalor pembakaran akan mempengaruhi nilai *specific fuel consumption*. Penambahan *water injection system* ini mengakibatkan suhu pada ruang bakar lebih rendah, sehingga membuat nilai *sfc* yang dihasilkan juga lebih rendah. Pada 3000 RPM tanpa penggunaan *water injection* menunjukkan 0.0410 (kg/jam.HP) sedangkan dengan *water injection* pada putaran mesin yang sama menunjukkan 0.0405 (kg/jam.HP). Nilai terendah konsumsi bahan bakar spesifik terendah diperoleh *intake* yang menggunakan *water injection system* dengan angka 0.0086 (kg/jam.HP). Ketika beban mesin meningkat, *brake specific fuel consumption* akan semakin menurun, karena peningkatan daya lebih besar dari pada konsumsi bahan bakar [12]. Dengan demikian penggunaan *water injection system* pada motor bakar 4 langkah 100cc berbahan bakar LPG lebih efisien. Semakin kecil nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan, maka lebih efisien [13].

**Gambar 6.** Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Selanjutnya adalah pengukuran temperatur mesin kendaraan. Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektivitas penambahan *water injection system* pada mesin 4 langkah 100cc berbahan bakar LPG. Pengambilan data dilakukan saat putaran

mesin *idle/stasioner* dan kondisi mesin pada kendaraan sudah stabil dan mencapai suhu kerja, spesifikasi mesin yang digunakan saat pengambilan data ini menggunakan pendingin tipe udara /sirip. Untuk lebih jelas dalam analisis data temperatur mesin akan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengambilan data temperatur dinding mesin ($^{\circ}\text{C}$)

Temperatur	Titik Pengambilan	Intake Standar tanpa Water Injection	Intake Standar dengan Water Injection
$^{\circ}\text{C}$	Samping Kanan	90.8	88
	Samping Kiri	90.2	87.9
	Depan	90	87.5
	Rata-rata	90.3	87.8

Hasil data temperatur dinding mesin menunjukkan tanpa penggunaan *water injection system* rata-rata temperatur sebesar 90.3°C , sedangkan dengan menggunakan *water injection system* lebih rendah yaitu sebesar 87.8°C . Penyebab lebih tingginya temperatur tanpa penggunaan *water injection system* ini adalah karena kecepatan penyalaan bahan bakar LPG lebih rendah dibandingkan dengan campuran bensin dan udara, dan juga memiliki nilai BTE yang rendah sehingga dapat mengurangi nilai tekanan yang ada pada silinder [14]. Ghufuran T. [15] pada penelitiannya menyatakan bahwa mesin yang menggunakan bahan bakar LPG memiliki temperatur dan tekanan silinder yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar minyak, karena memiliki nilai oktan yang lebih tinggi. Oleh karena itu penggunaan bahan bakar LPG pada kendaraan masih memiliki kelemahan yaitu temperatur yang cenderung lebih tinggi.

Untuk mengurangi bertambahnya temperatur pada mesin dibutuhkan sebuah mekanisme tambahan, yaitu *water injection system*. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dengan penambahan teknologi *water injection system* dapat mereduksi temperatur pada *engine* CB 100 [16]. Data yang ditampilkan pada tabel 2 setelah ditambahkan *water injection system* temperatur dinding mesin cenderung mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pengkabutan cairan yang diinjeksikan sistem *water injection* akan menambah kandungan oksigen (O_2) pada ruang bakar. Penggunaan *direct water injection* dapat mengurangi suhu dalam silinder, serta penundaan pengapian kimia dari difusi pembakaran pada motor diesel [17]. Hal ini juga sejalan dengan pernyataan Zhu [18] yang menyebutkan bahwa penggunaan *water injection* secara langsung ke ruang bakar pada mesin *compression ignition* memungkinkan penurunan temperatur pembakaran dan juga emisi gas buang NO_x karena meningkatnya kandungan oksigen dalam ruang bakar.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Setelah dilakukan perbandingan antara penggunaan *water injection system* dan tanpa *water injection system* pada motor bakar 4 langkah 100cc berbahan bakar LPG maka dapat ditarik kesimpulan yang pertama, konsumsi bahan bakar spesifik yang paling rendah diperoleh dengan menggunakan *water injection system* yaitu sebesar $0.0086 \text{ (kg/jam.HP)}$ pada putaran 8000 RPM. Kemudian yang kedua adalah penggunaan *water injection system* ini mampu mengurangi temperatur mesin yang dihasilkan menggunakan bahan bakar LPG yaitu temperatur kerja mesin rata-rata sebesar 87.8°C pada putaran *idle/stasioner*, sehingga dengan ditamahnya *water injection system* ini dapat mengurangi salah satu permasalahan penggunaan bahan bakar LPG sebagai bahan bakar alternatif pada industri otomotif. Pada penelitian ini mesin yang digunakan berkapasitas 100cc, sehingga jika kapasitas mesin lebih

besar dapat disesuaikan kembali debit, variasi larutan serta instalasi skema water injection system ini menyesuaikan dengan karakter dan tipe mesin.

Saran

Untuk menyempurnakan penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya. Pertama adalah dapat memberikan variasi tekanan pada saat penginjeksian cairan *water injection system*, karena tekanan sangat berpengaruh terhadap pengkabutan yang dihasilkan. Kedua adalah penelitian ini hanya dilakukan di mesin konvensional 4 langkah berkapasitas 100cc sehingga dapat dilakukan penelitian serupa namun di aplikasikan pada spesifikasi mesin dan kapasitas mesin yang berbeda. Ketiga adalah perlu ditambahkan parameter pengujian seperti prestasi engine meliputi daya dan torsi, serta emisi gas buang yang dihasilkan setelah ditambahkan mekanisme *water injection system* tersebut. Keempat bisa juga ditambahkan teknologi *IoT* untuk mendukung instalasi skema *water injection system* ini sehingga pengkabutan larutan *water injection system* ini bisa disesuaikan secara otomatis dengan kondisi dan kebutuhan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik. 2024. Development of Motorized Vehicles by the Type. <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>. [Accessed November 05, 2024].
- [2] Synadk, F., Culik, K., Rievaj, V. "Liquified Petroleum Gas as an Alternative Fuel." International Scientific Conference on Sustainable, Modern, and Safe Transport (TRANSCOM). 13 (1) : 527-534, 2019.
- [3] Vezir, A., Parlan, A., Cesur, I., Boru., B. "Performance and Exhaust Emission Characteristic of a Diesel Engine with LPG." International Journal of the Physical Sciences. 6 : 1905-1914, 2012.
- [4] Sunaryo, P. Adi, E. Saputra, "Performance and Fuel Consumption of Diesel Engine Fueled by Diesel Fuel and Waste Plastic Oil Blends: An Experimental Investigation." Automotive Experiences Journal, Vol. 4, No. 1. pp. 20-26, 2021.
- [5] D. Harvindyo., Arjianto, "Penggunaan Gas LPG Sebagai Bahan Bakar Sepeda Motor Injeksi Dilihat dari Aspek Metal Content dan Viskositas Oli." Universitas Diponegoro. Semarang. 2016
- [6] Baryaktar, "Investigating the Effects of LPG on Spark Ignition Engine Combustion and Performance." International Journal of Energy Conversion and Management. Vol. 1, pp. 2317-2333. 2005.
- [7] J.Wan, Y. Zhuang, Y. Huang, Y. Qian, L. Qian, "A review of water injection application on spark ignition engines," Fuel Processing Technology. Vol. 221, 2021.
- [8] Xu, C., Haengmuk, C. "Effect of Methanol/Water Mixed Fuel Compound Injection on Engine Combustion and Emissions," MDPI Journal Energies, pp. 14 : 4491, 2021.
- [9] M. J. A. Nemanic, A. C., Gaikwad, D. S., Garcia, S., Weiss, H. L., & Traum, "A Tesla Turbine & Prony Brake Dynamometer Kit for Remote Benchtop Gas Turbine Educational Experimentation," in AIAA SCITECH 2022 Forum, 2022.
- [10] Antoni D., Burhan M., Angga, S., "Pengaruh Variasi Larutan Water Injection pada Intake Manifold terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor", Saintekno, Vol 15, No. 2, 2017.
- [11] Seyolmez, H. Ozcan, "Water Injection effect on Performance of Four Cylinder LPG Fuelled SI Engine." Scientific Reports. Vol. 1, 2;591. 2013.
- [12] J. Maysaa., F. Mohammed., J. Wasim., M. Sayed., S. Nasreen., A. Asmaa., I. Amjad., H.Hamad, "Experimental and Numerical Study of Using of LPG on Characteristic of Dual Fuel Diesel Engine Under Variable Compression Ratio." Arabian Journal of Chemistry. Vol. 16. 2023.

-
- [13] T, Nanang, M. Taufik, M. Syafii., “ Perbandingan Nilai Oktan Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Pada Sepeda Motor Suzuki Shogun 125cc,” Jurnal SainTekA. Vol. 2, 2021.
- [14] S. Simsek, S. Uslu., “Investigation of the impacts of gasoline, biogas, and LPG Fuels on engine performance and exhaust emissions in different throttle position on SI Engine.” Fuel. Vol. 279. p. 118528, 2020.
- [15] T. Ghufran, M. Al-Dawidy, “Use of LPG in SI Engine-review study,” Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences. Vol. 14, pp. 051-058. 2021
- [16] N. Muhammad, “Pengembangan Water Injection System pada Sepeda Motor Bakar Otto 4 Langkah” Universitas Pasundan. Bandung. 2021.
- [17] K. Zheng, F. Shangsi, Lv. Yang, W. Jingtao, W. Zhijun., “Effect of direct water injection temperature on combustion process and thermal efficiency within compression ignition internal combustion Rankine engine,” Case Studies in Thermal Engineering. Vol. 28. p. 101592. 2021.
- [18] Zhu, S, Hu, B, Akehurst, S, Copeland, C, Lewis, A, Yuan, H, Kennedy, I, Bernards, J & Branney, C, “A review of water injection applied on the internal combustion engine”, Energy Conversion and Management. Vol. 184, pp. 139-158. 2019.

Halaman ini sengaja dikosongkan