

Korelasi Konsentrasi Etanol 5% Pada Bahan Bakar Gasolin Terhadap Performa, dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 150cc

Syarifudin^{1*}, Eflita Yohana², Muchammad³, Suhartana⁴, Faqih Fatkhurrozak⁵,
Firman Lukman Sanjaya⁶, M. Taufik Qurohman⁷

^{1,5,6,7}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Harapan Bersama

^{1,2,3,4}Program Studi Doktor Teknik Mesin, Universitas Diponegoro

⁴Program Studi Teknik Kimia, Universitas Diponegoro

^{1,5,6,7}Jl. Mataram No.9 Pesurungan Lor, Kota Tegal, 52147, Indonesia

^{2,3,4}Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang, 50275, Indonesia

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com¹, efnan2003@gmail.com², m_mad5373@yahoo.com³,
suhartana@live.undip.ac.id⁴, faqihyani14@gmail.com⁵, sanjaya.ilzamy14@gmail.com⁶,
taufikqurohman87@gmail.com

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 10 Januari 2023

Direvisi: 24 Januari 2023

Diterima: 26 Januari 2023

Etanol memiliki propertis oktan dan oksigen lebih tinggi dari bahan bakar fosil gasolin. Seiring peningkatan ketergantungan gasolin, dan emisi gas buang, pemanfaatan etanol sebagai bahan bakar mendesak diteliti. Penelitian bertujuan mengobservasi konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin terhadap performa dan emisi gas buang mesin bensin 150cc yang dioperasikan pada putaran 1000, 2000, dan 3000rpm. Hasil observasi memaparkan bahwa konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin berkorelasi dengan peningkatan performa dengan indikasi peningkatan EGT, Brake power, BTE, dan penurunan SFC. Pada sisi emisi juga berkorelasi dengan peningkatan kualitas emisi gas buang dengan indikasi peningkatan emisi CO₂, dan penurunan emisi CO, dan HC. Korelasi konsentrasi etanol 5% terbaik diperoleh pada pengoperasian putaran 2000rpm dengan peningkatan EGT sebesar 10,70%, peningkatan Brake power sebesar 9,49%, peningkatan BTE sebesar 38,62%, peningkatan emisi CO₂ sebesar 23,06%, penurunan SFC sebesar 26,49%, penurunan emisi CO sebesar 16,67%, dan penurunan emisi HC sebesar 4,24%.

Abstract

Keywords:

correlation;
ethanol;
gasoline;
performance;
emission.

Ethanol has higher octane and oxygen properties than fossil-fuel gasoline. Along with the increase in gasoline dependency and exhaust emissions, the use of ethanol as a fuel is urgently studied. This study aimed to observe the concentration of 5% ethanol in gasoline on the performance and exhaust emissions of a 150cc gasoline engine that was operated at 1000, 2000, and 3000rpm. The observation results show that the concentration of 5% ethanol in gasoline correlates with an increase in performance with indications of an increase in EGT, Brake power, BTE, and a decrease in SFC. On the emission side, it is also correlated with an increase in the quality of exhaust emissions with indications of increased CO₂ emissions and reduced CO and HC emissions. The best correlation of 5% ethanol concentration was obtained at an operating speed of 2000rpm with an increase in EGT of 10.70%, an increase in Brake power of 9.49%, an increase in BTE of 38.62%, an increase in CO₂ emissions of 23.06%, a decrease in SFC of 26.49%, CO emission reduction of 16.67%, and HC emission reduction of 4.24%.

*Penulis korespondensi:

Syarifudin

E-mail: masudinsyarif88@gmail.com

1. Pendahuluan

Biofuel merupakan alternatif untuk mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil. Penggunaan biofuel menurunkan emisi gas buang, dan meningkatkan performa mesin. Biofuel etanol memiliki properti *Research Octane Number* (RON) lebih tinggi dari gasolin. Properti ini mengakibatkan perambatan laminar sehingga mengoptimalkan proses pembakaran [1]. Hal ini menjadi pemanfaatan biofuel potensial sebagai substitusi terhadap ketergantungan bahan bakar fosil gasolin, dan menurunkan pencemaran udara karena emisi gas buang [2];[3]. Badan Pusat Statistika (2020) melaporkan bahwa kebutuhan bahan bakar fosil gasolin dipastikan terus meningkat seiring pertumbuhan volume kendaraan bermotor yang mencapai 20,98% dari tahun 2015. Fenomena aktual lainnya adalah nilai impor bahan bakar di tahun 2022 yang mencapai Rp145,47 triliun. Peningkatan ini berbanding lurus dengan peningkatan pencemaran udara Indonesia. Badan Metrologi, Klimatologi, dan Geofisika, memaparkan pencemaran udara sudah mencapai ambang batas minimum yaitu >1gram/Km. Oleh karena itu, pemanfaatan etanol sebagai biofuel mendesak dilakukan penelitian.

Etanol dapat dijadikan biofuel karena memiliki angka oktan 100. Properti ini meningkatkan proses *ignition delay* dan mengoptimalkan tekanan puncak pembakaran [4]. Etanol *fuel grade* memiliki kandungan oksigen yang tinggi sebesar 34,8%. Properti ini berpengaruh besar untuk meningkatkan emisi karbondioksida (CO₂) dan menurunkan emisi karbonmonoksida (CO), dan hidrokarbon (HC) [5];[6]. Adanya oksigen dalam etanol memudahkan proses oksidasi bahan bakar. Menurut Yussof dkk.[7], penggunaan biofuel tidak memerlukan penyesuaian *engine set-up* karena viskositas etanol yang rendah tidak mengurangi kerja pompa bahan bakar. Verma dkk. [8] melakukan pemanfaatan etanol sebagai campuran bahan bakar gasolin dengan volume 5-30% dengan interval 5%. Adanya etanol meningkatkan properti nilai kalor sebesar 43,1 KJ/kg, dan meningkatkan angka performa mesin. Pengaruh positif juga terjadi pada produk hasil pembakaran. Emisi gas buang yang dihasilkan bahan bakar biofuel etanol menjadi lebih rendah daripada gasolin murni. Penelitian Waluyo dan Purnomo [9], memaparkan penurunan emisi CO, dan HC yang signifikan. Emisi CO menurun hingga 37,48% daripada gasolin murni. Peningkatan laju penguapan bahan bakar dari fraksi etanol berkorelasi dengan trend peningkatan kualitas pembakaran.

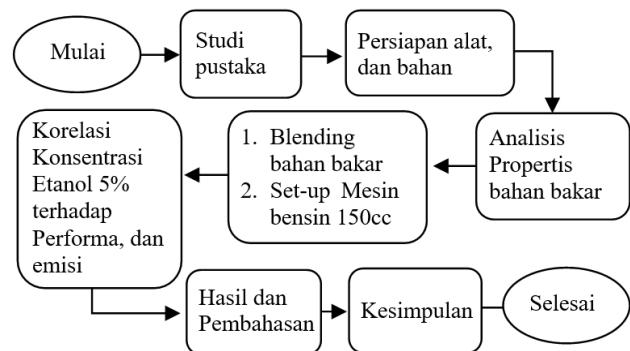
Xiumin dkk. [10] dalam penelitiannya membuktikan pengaruh konsentrasi melalui eksperimental *Dual Port Injection* pada mesin bensin 1800cc. Melalui penambahan injektor pada *intake manifold* sebagai suplay masukan bahan bakar etanol (*Dual Port Injection*), etanol diinjeksikan bersamaan bahan bakar gasolin dengan persentase hingga 60%. Tekanan rata-rata operasi mesin meningkat seiring peningkatan konsentrasi etanol. Hal ini diakibatkan angka oktan etanol yang tinggi sehingga meningkatkan kualitas oksidasi pembakaran bahan bakar. Semakin tinggi kualitas oksidasi, maka efisiensi termal mesin semakin tinggi. efisiensi termal merupakan indikator kemampuan bahan bakar untuk menghasilkan energi pemberi daya yang dibutuhkan mesin [11]. Properti

oksigen, dan angka oktan yang tinggi mendorong penurunan emisi CO, HC, dan NO_x [12]. Hasil yang sama juga diperoleh Ismail dkk. [13]. Penguapan laten yang tinggi dalam etanol mengakibatkan emisi gas buang menurun hingga 21,74% daripada gasolin murni. Konsentrasi oksigen dalam etanol meningkatkan oksidasi pembakaran dan berimbas menekan pembentukan karbon, dan peningkatan efisiensi bahan bakar [14].

Berdasarkan uraian diatas, penelitian bertujuan mengobservasi korelasi konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin terhadap peningkatan performa yang meliputi *Exhaust Gas Temperature* (EGT), *Brake Power*, *Specific Fuel Consumption* (SFC), *Brake Thermal Efficiency* (BTE) dan penurunan emisi gas buang yang meliputi Karbondioksida (CO₂), Karbonmonoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC). Eksperimental menggunakan mesin bensin dengan kapasitas 150cc yang notabene menjadi primadona peminatan masyarakat [15].

2. Metode

Observasi korelasi konsentrasi etanol pada bahan bakar gasolin terhadap performa dan emisi gas buang dilakukan dengan metode eksperimen dengan tahapan seperti pada Gambar 1. Performa yang diteliti meliputi EGT, *Brake Power*, SFC, dan BTE. Sedangkan emisi gas buang yang diteliti meliputi CO₂, CO, dan HC. Eksperimental menggunakan mesin bensin 150cc dengan spesifikasi pada Tabel 1.



Gambar 1. Prosedur penelitian observasi korelasi etanol 5% terhadap performa, dan emisi gas buang mesin bensin 150cc

Tabel 1. Spesifikasi mesin bensin 150cc

Indikator	Spesifikasi
Tipe Mesin	4 Valve SOHC- Fuel Injection
Tahun produksi	2017
Volume Silinder	149,8 CC
Daya Maksimum	11,1 Kw / 8500 rpm
Torsi Maksimum	13,1 Nm / 7500 rpm
Sistem Suplai Bahan Bakar	<i>Fuel Injection</i>
Sistem Stater	Electric dan kick stater
Bore x Stroke	57,0 mm x 58,7mm

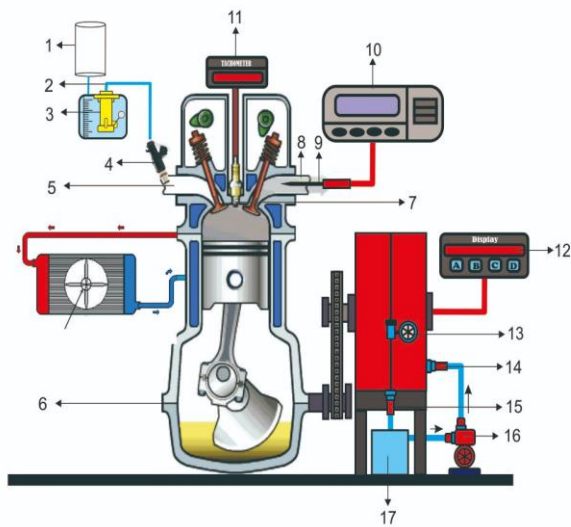
Pengoperasian mesin bensin pada putaran 1000, 2000, dan 3000rpm. Bahan bakar yang digunakan adalah gasolin dan etanol 99% dengan konsentrasi, dan propertis seperti pada Tabel 2, dan Tabel 3. Untuk mengetahui korelasi performa, dan emisi gas buang, eksperimental dilakukan dengan skema pada Gambar 2.

Tabel 2. Komposisi *blending* bahan bakar gasolin-etanol

Kode bahan bakar	Volume bahan bakar (ml)	
	Gasolin	Etanol
P100	1000	0
E5	950	50

Tabel 3. Propertis bahan bakar [1];[16];[14]

Propertis bahan bakar	Gasolin	Etanol
Chemical formula	C ₈ H ₁₈	C ₂ H ₅ OH
Research octane number	90	100
Oxygen content (wt.%)	-	34,8
Density at 288 K (kg/m ³)	765	795
Viscosity at 413 K (mm ² /s)	1.08	0,4
Lower heating value (MJ/kg)	26,8	31,4



Gambar 2. Skema pengujian bahan bakar

Mesin bensin (6) yang digunakan berkapasitas 150cc dengan mode *Single Over Head Camshaft* (SOHC) dan tipe pemantik *Spark ignition* (7). Bahan bakar gasolin dan etanol 5% terlebih dahulu ditampung dalam tangki (1) bahan bakar. Mesin bensin dioperasikan pada putaran 1000, 2000, dan 3000 rpm yang terbaca melalui Tachometer digital (11). Untuk mengetahui pemakaian bahan bakar spesifik, Buret (2), dan Katup pengontrol (3) difungsikan untuk mengatur volume bahan bakar. Throttle body (5) dan saluran intake udara (4) digunakan untuk mensirkulasikan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Kerja mesin yang dihasilkan diukur melalui poros output yang terhubung dengan Dinamometer (18) tipe *brake fluide* dengan suplay air melalui input (14), dan pompa air (16), dengan penampung tahan fiber (17), dan pengatur volume air (13).

Besarnya daya tahan dari sirip stator diukur melalui sensor pembebanan (13) yang diintegrasikan melalui display (12) sehingga gaya pembebanan dapat terbaca secara akurat dan valid. Adapun emisi produk hasil pembakaran diukur menggunakan Gas analyzer (10), melalui Stik (9) yang terpasang pada lubang exhaust (8).

Untuk menjabarkan hasil eksperimental secara detail, besarnya gaya yang ditampilkan oleh Display Dinamometer, dan waktu pengujian yang dibutuhkan dalam pengujian dilakukan perhitungan melalui persamaan berikut:

$$P = 2\pi NT/60000 \quad (\text{kW}) \quad (1)$$

Dimana:

P = Daya output mesin (kW),

N = Putaran mesin (rpm)

T = Torsi mesin (Nm).

$$\text{SFC} = mf/P \quad (\text{kg/kW.jam}) \quad (2)$$

Dimana:

SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kW.h)

mf = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

P = Daya output mesin (kW)

$$\eta_{th} = P/(mf \times \text{QHV}) \quad (\%) \quad (3)$$

Dimana:

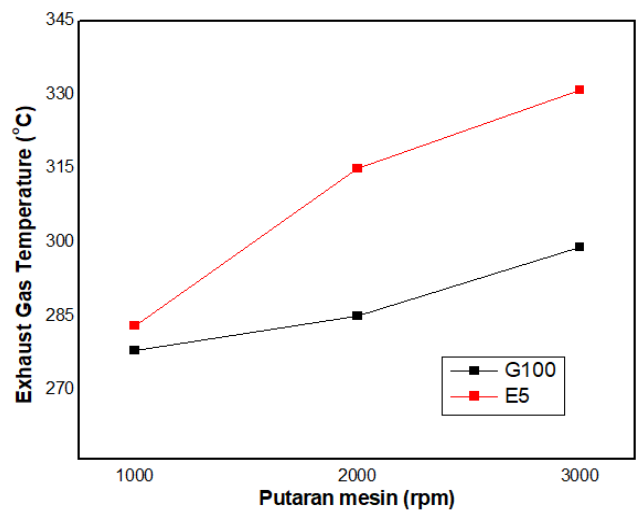
η_{th} = Efisiensi termal (%)

QHV = Heating value bahan bakar (MJ/kg)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Korelasi Konsentrasi Etanol terhadap Exhaust Gas Temperature (EGT)

Pada Gambar 3 memaparkan tendensi EGT mesin bensin 150cc berbahan bakar gasolin-etanol 5%. Secara umum, EGT meningkat seiring peningkatan putaran mesin. Hal ini akibat suplay bahan bakar yang tinggi sehingga mengakibatkan EGT semakin meningkat bakar [17].

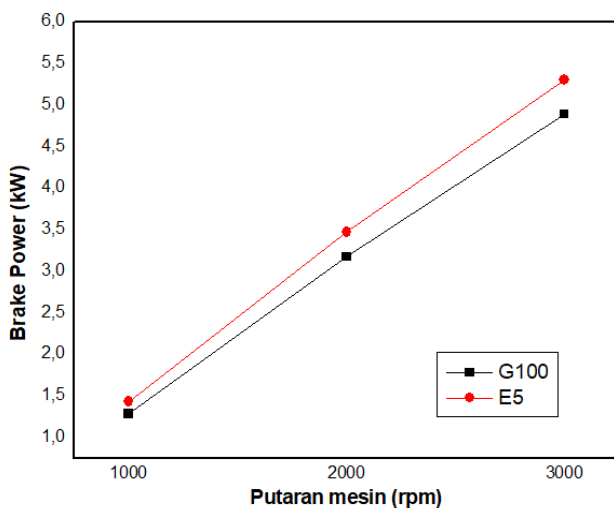


Gambar 3. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap EGT mesin bensin 150cc

Konsentrasi etanol 5% berkorelasi dengan peningkatan EGT disetiap putaran mesin dibandingkan gasolin murni (G100). Hal ini dipicu propertis angka oktan etanol yang tinggi meningkatkan oksidasi menjadi sempurna, dan mengakibatkan panas gas buang (EGT) menjadi meningkat [10]. Konsentrasi etanol pada pengujian putaran 1000rpm berkorelasi dengan peningkatan EGT sebesar 1,80%, pada putaran 2000rpm sebesar 10,53%, dan pada putaran 3000rpm sebesar 10,70% dibandingkan EGT berbahan bakar G100.

3.2 Korelasi Konsentrasi Etanol terhadap Brake Power

Hasil observasi konsentrasi etanol 5% terhadap Brake power ditunjukkan pada Gambar 4. Pengujian memaparkan peningkatan Brake power di setiap putaran mesin. Suplay bahan bakar yang terus meningkat mengakibatkan daya meningkat, dan putaran mesin juga meningkat [18].

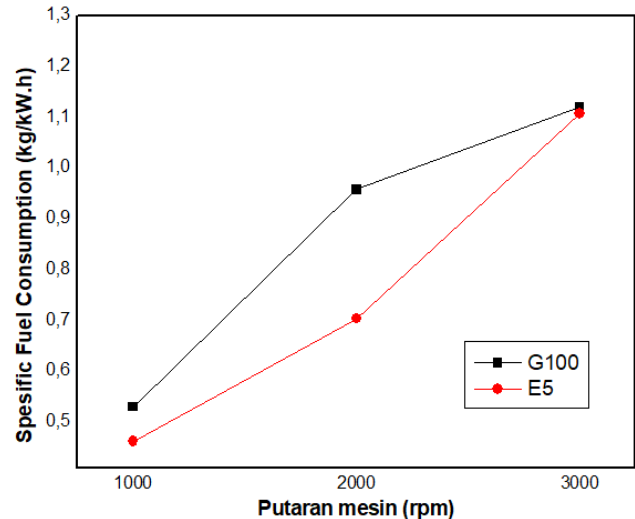


Gambar 4. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap Brake power mesin bensin 150cc

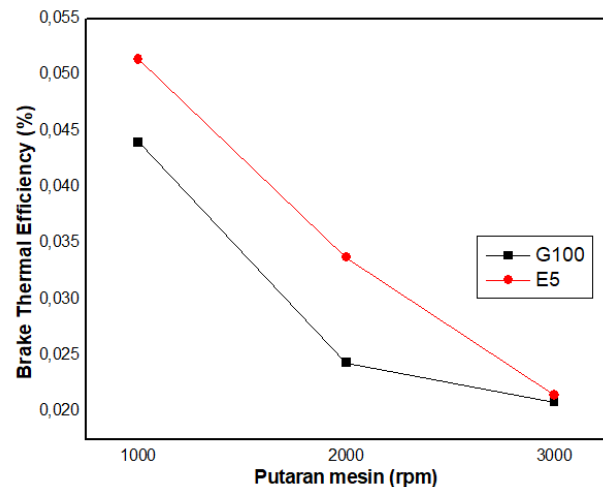
Gambar 4 menampilkan korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap peningkatan Brake power dibandingkan bahan bakar G100. Hal ini diakibatkan pengaruh angka oktan, dan kandungan oksigen yang tinggi dari etanol memicu peningkatan tekanan puncak pengkompresian bahan bakar, dan menjadikan Brake power lebih tinggi dibandingkan G100 [16];[19]. Konsentrasi etanol pada putaran 1000rpm berkorelasi dengan peningkatan Brake power sebesar 11,72%, pada putaran 2000rpm sebesar 9,49%, dan pada putaran 3000rpm sebesar 8,42% dibandingkan Brake power berbahan bakar G100.

3.3 Korelasi Konsentrasi Etanol terhadap Specific Fuel Consumption (SFC)

Pada Gambar 5 menampilkan hasil eksperimental korelasi etanol 5% terhadap SFC mesin bensin 150cc. Konsentrasi etanol pada bahan bakar gasolin berkorelasi dengan penurunan SFC daripada G100. Hal ini akibat kandungan oksigen dalam etanol membantu penguraian droplet bahan bakar, sehingga meningkatkan optimalisasi oksidasi bahan bakar, dan suplay bahan bakar menjadi efektif dan menghasilkan penurunan SFC terjadi setiap putaran mesin [20];[17].



Gambar 5. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap SFC mesin bensin 150cc



Gambar 6. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap BTE mesin bensin 150cc

Konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin berkorelasi dengan penurunan SFC sebesar 12,86% saat putaran 1000rpm, 26,49% saat putaran 2000rpm, dan 1,10% saat putaran 3000rpm. Propertis kandungan oksigen mengoptimalkan proses pembakaran bahan bakar sehingga menurunkan SFC mesin bensin 150cc

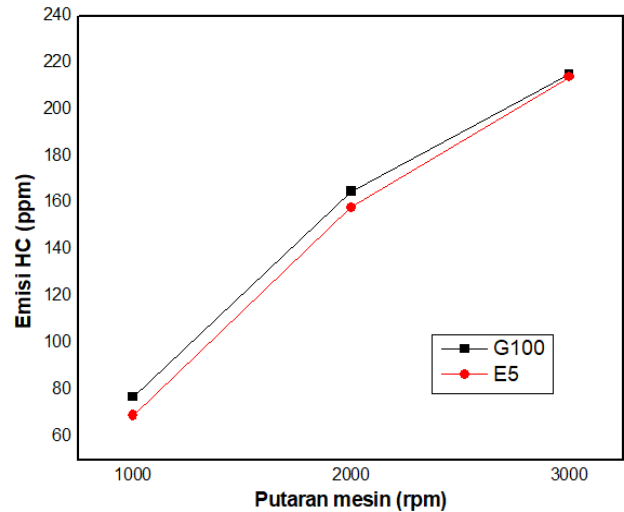
3.4 Korelasi Konsentrasi Etanol terhadap Brake Thermal Efficiency (BTE)

BTE mesin bensin berbahan bakar gasolin-etanol dipaparkan pada Gambar 6. Adanya konsentrasi etanol 5% berkorelasi dengan peningkatan BTE dibandingkan G100. BTE menjadi indikator besarnya energi yang diberikan dan dioptimalkan untuk melakukan kerja piston dan menghasilkan tenaga [18]. Peningkatan Daya, dan EGT mesin bensin 150cc berkorelasi dengan tingginya nilai BTE bahan bakar E5. Faktor lainnya adalah optimalisasi tekanan pembakaran akibat angka oktan etanol yang tinggi [12];[9]. Konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin

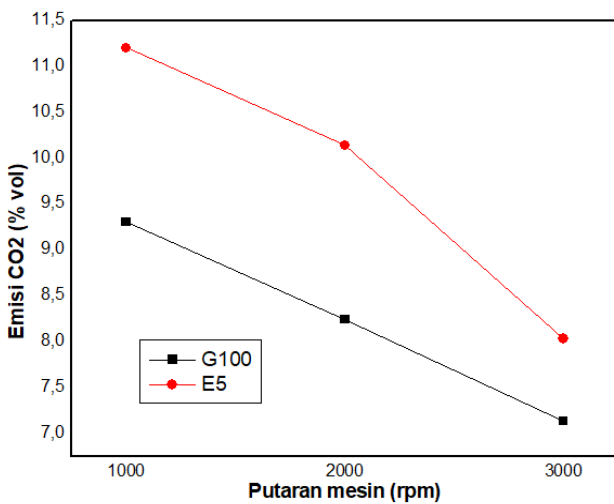
berkorelasi dengan peningkatan BTE sebesar 16,94% pada putaran 1000rpm, sebesar 38,62% pada putaran 2000rpm, dan sebesar 3,02% pada putaran 3000rpm dibandingkan G100.

3.5 Konsentrasi Etanol terhadap emisi gas buang

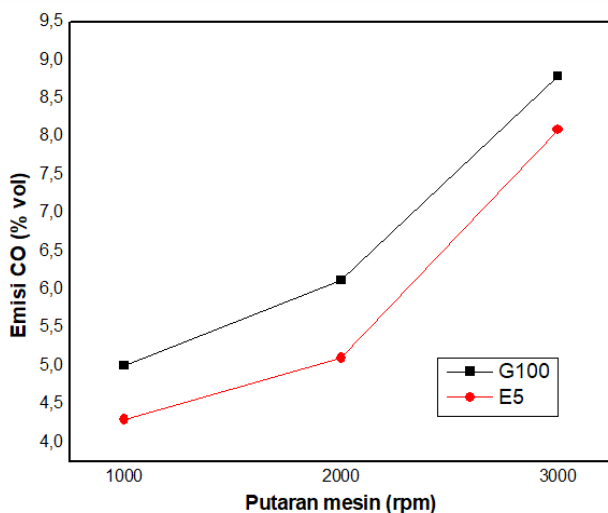
Pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 merupakan hasil observasi korelasi konsentrasi etanol terhadap kualitas emisi gas buang. Adanya konsentrasi etanol 5% meningkatkan emisi CO₂, dan menurunkan emisi CO, dan HC mesin bensin 150cc. Emisi CO₂ yang dihasilkan setiap putaran mesin mempresentasikan peningkatan daripada G100. Sedangkan pada emisi CO, dan HC mempresentasikan penurunan daripada G100. Hal ini sebagai indikasi peningkatan kualitas emisi gas buang [1]. Semakin tinggi emisi CO₂, maka emisi CO, dan HC semakin rendah [21];[17];[9]. Kandungan oksigen yang tinggi dalam etanol meningkatkan proses oksidasi bahan bakar sehingga menekan pembentukan partikel karbon pada emisi CO, dan HC [21];[16].



Gambar 9. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap Emisi Hidrokarbon (HC) mesin bensin 150cc



Gambar 7. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap Emisi Karbondioksida (CO₂) mesin bensin 150cc



Gambar 8. Korelasi konsentrasi etanol 5% terhadap Emisi Karbonmonoksida (CO) mesin bensin 150cc

Konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin berkorelasi dengan peningkatan emisi CO₂ sebesar 20,43% saat putaran 1000rpm, sebesar 23,06% saat putaran 2000rpm, dan sebesar 12,62% saat putaran 3000rpm. Sedangkan konsentrasi etanol 5% pada sisi emisi CO berkorelasi dengan penurunan sebesar 14% saat putaran 1000rpm, sebesar 16,67% saat putaran 2000rpm, dan sebesar 7,96% saat putaran 3000rpm. Adapun pada sisi emisi HC, konsentrasi etanol 5% berkorelasi dengan penurunan sebesar 10,39% saat putaran 1000rpm, sebesar 4,24% saat putaran 2000rpm, dan sebesar 0,47% saat putaran 3000rpm.

4. Kesimpulan

Konsentrasi etanol 5% pada bahan bakar gasolin berkorelasi dengan peningkatan performa dengan indikasi peningkatan EGT, *Brake power*, BTE, dan penurunan SFC. Pada sisi emisi juga berkorelasi dengan peningkatan kualitas emisi gas buang dengan indikasi peningkatan emisi CO₂, dan penurunan emisi CO, dan HC. Korelasi konsentrasi etanol 5% terbaik diperoleh pada pengoperasian putaran 2000rpm dengan peningkatan EGT sebesar 10,70%, peningkatan *Brake power* sebesar 9,49%, peningkatan BTE sebesar 38,62%, peningkatan emisi CO₂ sebesar 23,06%, penurunan SFC sebesar 26,49%, penurunan emisi CO sebesar 16,67%, dan penurunan emisi HC sebesar 4,24%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Politeknik Harapan Bersama atas pendanaan hibah internal tahun 2022/2023.

Daftar Pustaka

- [1] Z. Guo, X. Yu, W. Dong, P. Sun, W. Shi, and Y. Du, "Research on the combustion and emissions of an SI engine with acetone- butanol-ethanol (ABE) port injection plus gasoline direct injection," *Fuel*, vol. 267, no. February, p. 117311, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.117311.
- [2] E. Yohana, "Effect of butanol on fuel consumption and smoke emission of direct injection diesel engine fueled by

- jatropha oil and diesel fuel blends with cold EGR system,” vol. 02010, pp. 0–5, 2018.
- [3] H. I. Saputro, E. Agus, and U. Yuminarti, “Analisis emisi gas buang kendaraan bermotor (angkutan umum penumpang) di Kabupaten Manokwari,” vol. 5, no. 1, pp. 35–47, 2022.
- [4] E. Methanol and G. Engine, “Automotive Experiences,” vol. 4, no. 2, pp. 62–67, 2021.
- [5] A. Biswal, S. Gedam, S. Balusamy, and P. Kolhe, “Effects of using ternary gasoline-ethanol-LPO blend on PFI engine performance and emissions,” *Fuel*, vol. 281, no. May, p. 118664, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.118664.
- [6] B. Waluyo, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, M. N. Sasongko, and M. Setiyo, “The role of polar ethanol induction in various iso-octane ethanol fuel blend during single droplet combustion,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 199, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.fuproc.2019.106275.
- [7] M. N. A. M. Yusoff *et al.*, “Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 57, pp. 23–38, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.09.004.
- [8] A. Verma, N. S. Dugala, and S. Singh, “Experimental investigations on the performance of SI engine with Ethanol-Premium gasoline blends,” *Mater. Today Proc.*, vol. 48, no. xxxx, pp. 1224–1231, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.08.255.
- [9] B. Waluyo and B. C. Purnomo, “Exhaust Gas Emissions of Homogeneous Gasoline-Methanol(Ethanol) Blends,” *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 2, pp. 173–181, 2022, doi: 10.31603/ae.6599.
- [10] X. Yu *et al.*, “Experimental study on the effects of EGR on combustion and emission of an SI engine with gasoline port injection plus ethanol direct injection,” *Fuel*, vol. 305, no. July, p. 121421, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.121421.
- [11] A. AJi, B. Santoso, and D. Danardono, “Studi eksperimental pengaturan waktu pengapian pada mesin 4 langkah 1 silinder berbahan bakar E25,” *Mek. Maj. Ilm. Mek.*, vol. 17, no. 2, pp. 165–171, 2019, doi: 10.20961/mekanika.v17i2.35124.
- [12] Syarifudin, Faqih Fatkhurrozak, Firman Lukman Sanjaya, and Ahmad Farid, “Pengaruh Exhaust Gas Recirculation (EGR) Terhadap Exhaust Gas Temperature (EGT) dan Smoke opacity Mesin Diesel 4JB1 Berbahan Bakar Biodiesel Jatropa-etanol,” *Infotekmesin*, vol. 13, no. 2, pp. 290–294, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i2.1542.
- [13] F. B. Ismail, A. Al-Bazi, and I. G. Aboubakr, “Numerical investigations on the performance and emissions of a turbocharged engine using an ethanol-gasoline blend,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 39, no. April, p. 102366, 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102366.
- [14] S. Syarifudin, F. Fatkhurrozak, F. L. Sanjaya, E. Yohana, S. Syaiful, and A. Wibowo, “The Effect of Ethanol on Brake Torque, Brake Specific Fuel Consumption, Smoke Opacity, and Exhaust Gas Temperature of Diesel Engine 4JB1 Fueled by Diesel-Jatropha Oil,” *Automot. Exp.*, vol. 5, no. 2, pp. 230–237, Apr. 2022, doi: 10.31603/ae.6447.
- [15] I. S. Budi, A. Octavia, and N. Sari, “Pengaruh Inovasi Produk, Harga dan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Sepeda Motor Honda Beat di Kota Jambi,” *J. Din. Manaj.*, vol. 7, no. 2, pp. 59–72, 2019.
- [16] M. Mourad and K. Mahmoud, “Investigation into SI engine performance characteristics and emissions fuelled with ethanol / butanol-gasoline blends,” *Renew. Energy*, vol. 143, pp. 762–771, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.05.064.
- [17] J. Infotekmesin, F. L. Sanjaya, and F. Fatkhurrozak, “Efek Penambahan Butanol Terhadap Emisi dan Temperatur Gas Buang Mesin Bensin EFI Menggunakan EGR,” vol. 13, no. 01, pp. 8–12, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.677.
- [18] D. Afrikhudin, S. Sumarli, and E. K. Mindarta, “Pengaruh Perbedaan Tekanan Bahan Bakar Terhadap Daya Dan Efisiensi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Automatic 110 Cc Fuel Injection,” *J. Tek. Otomotif Kaji. Keilmuan dan Pengajaran*, vol. 5, no. 2, p. 19, 2022, doi: 10.17977/um074v5i22021p19-24.
- [19] F. L. Sanjaya, Syaiful, and D. N. Sinaga, “Effect of Premium-Butanol Blends on Fuel Consumption and Emissions on Gasoline Engine with Cold EGR System,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1373, no. 1, pp. 11–17, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012019.
- [20] Syarifudin and Syaiful, “Performance and soot emissions from direct injection diesel engine fueled by diesel-jatropha-butanol-blended diesel fuel,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1517, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1517/1/012103.
- [21] M. Amirabedi, S. Jafarmadar, and S. Khalilarya, “Experimental investigation the effect of Mn2O3 nanoparticle on the performance and emission of SI gasoline fueled with mixture of ethanol and gasoline,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 149, pp. 512–519, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.12.058.
- [22] M. K. Mohammed, H. H. Balla, Z. M. H. Al-Dulaimi, Z. S. Kareem, and M. S. Al-Zuhairy, “Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 25, no. May 2020, p. 100891, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.100891.