

# Analisa Efisiensi Termal dan Konsumsi Energi Motor Bensin Spark-Ignition pada Penggunaan Campuran Etanol-Bensin (E0, E10, E20, E30): Studi Eksperimental pada Mesin Satu Silinder

Teguh Fitriyanto <sup>a,1,\*</sup>, Dianta Mustofa Kamal <sup>b,2</sup>

<sup>1</sup> [tegu.fitriyanto@mesin.pnj.ac.id](mailto:tegu.fitriyanto@mesin.pnj.ac.id) \*; <sup>2</sup> [dianta.mustofakamal@mesin.pnj.ac.id](mailto:dianta.mustofakamal@mesin.pnj.ac.id)

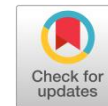
<sup>ab</sup> Politeknik Negeri Jakarta Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukusan, Beji, Depok City, West Java 16425

\* Penulis Korespondensi

Diterima 02 April 2026; Direvisi 05 April 2026; Diterima 11 April 2026

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa dan mengevaluasi pengaruh campuran bahan bakar dengan etanol pada efisiensi termal, untuk mengetahui kadar penggunaan etanol maka harus melakukan perhitungan volume etanol pada bahan bakar (E0, E10, E20, E30) terhadap efisiensi termal, konsumsi bahan bakar secara spesifik, dan karakteristik kinerja sistem pada mesin satu silinder. Metode pengujian yang dilakukan meliputi uji dynamometer pada dan beban terkontrol, pengukuran aliran massa bahan bakar, torsi, serta bahan bakar yang digunakan hanya satu jenis yaitu bensin dengan etanol 0%, 10%, 20%, 30%. Hasil ini diharapkan dapat menunjukkan perubahan efisiensi termal akibat dari perbedaan kalor dan sifat fisik campuran dan dampak emisi. Untuk itu mesin dengan bensin campuran etanol memiliki jumlah oktan yang tinggi dan kalor yang lebih rendah dari bensin murni. Namun konsumsi bahan bakar bensin campuran etanol lebih boros daripada bensin murni

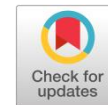


## KATA KUNCI

Etanol  
Pengujian dynamometer  
Efisiensi Termal  
Bahan Bakar  
Otomotif

## ABSTRACT

This research was conducted to analyze and evaluate the effect of fuel mixtures with ethanol on thermal efficiency. To determine the appropriate ethanol concentration, calculations of ethanol volume in the fuel (E0, E10, E20, E30) must be carried out with respect to thermal efficiency, specific fuel consumption, and the performance characteristics of a single-cylinder engine system. The testing method includes dynamometer testing under controlled loads, measurement of fuel mass flow, and torque. The type of fuel used is only gasoline mixed with ethanol at concentrations of 0%, 10%, 20%, and 30%. The results are expected to show changes in thermal efficiency due to differences in the calorific value and physical properties of the mixtures, as well as the impact on emissions. Therefore, engines using ethanol-blended gasoline have a higher octane rating and lower calorific value compared to pure gasoline. However, the fuel consumption of ethanol-blended gasoline tends to be higher than that of pure gasoline.



## KEYWORD

Ethanol  
Dynamometer testing  
Thermal Efficiency  
Fuel  
Automotive



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini khususnya pada bidang otomotif mengalami beberapa perkembangan yang signifikan. Seperti munculnya beberapa sumber bahan bakar baru seperti dari listrik, atau energi terbarukan [1]. Produsen otomotif tengah gencar untuk memburu segemntasi pasar para konsumen agar produknya dapat diterima sesuai dengan spesifikasi dan keinginan dari konsumen. Namun di Indonesia mayoritas penggunaan bahan bakar masih dari fosil seperti bensin masih banyak digunakan di era sekarang ketergantungan ini dapat menyebabkan dampak yang serius bagi lingkungan, seperti yang kita ketahui bahan bakar fosil dapat mengeluarkan emisi gas karbon yang berbahaya bagi lingkungan [2]. Oleh karena itu diperlukan suatu upaya untuk mencegah hal itu terjadi dengan mengganti bahan bakar menjadi bahan bakar energi terbarukan yang ramah lingkungan salah satunya adalah etanol atau bioetanol sebagai bahan alternatif [3]

Etanol adalah senyawa alkohol yang dapat diperoleh dari hasil fermentasi biomassa seperti tebu, jagung dan kelapa sawit. Sifatnya yaitu bisa meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar dan mampu meningkatkan pembakaran menjadikannya kandidat potensial untuk dicampurkan dengan bensin [4].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan etanol pada bahan bakar bensin dapat meningkatkan efisiensi pembakaran karena adanya kandungan oksigen pada etanol sehingga pembakaran dalam mesin lebih sempurna [5]. Namun kandungan etanol yang lebih rendah dibandingkan dengan mesin murni dapat menyebabkan penurunan kalor sehingga akan memengaruhi efisiensi thermal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan etanol hingga 50% pada bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi thermal 5% - 10% dibandingkan dengan mesin murni tanpa adanya campuran etanol [6]. Sementara itu penggunaan etanol pada campuran bahan bakar bensin dengan kandungan 10% - 20% akan mencapai efisiensi optimum sedangkan pada campuran diatas 30% efisiensi akan berkurang karena pembakaran terlalu cepat dan suhu bakar yang terlalu tinggi [7]

Dengan latar belakang berikut penelitian ini bertujuan untuk menganalisa efisiensi thermal pada campuran etanol di bahan bakar. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai campuran etanol pada bahan bakar di setiap kandungannya dan dampaknya pada efisiensi thermal mesin, sehingga menjadi acuan terhadap pengembangan bahan bakar terbarukan dimasa depan.

## 2. Tinjauan Pustaka

Motor bakar merupakan mesin yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi bakar kemudian dikonversi menjadi energi mekanik pada poros engkol. Kinerja sistem bakar pada mesin salah satunya dipengaruhi oleh efisiensi thermal motor, yaitu perbandingan daya efektif yang dihasilkan dari energi panas yang masuk di ruang bakar. Nilai efisiensi thermal dipengaruhi beberapa faktor seperti kompresi mesin, kualitas pembakaran, dan sifat bahan bakar [8]. Dengan ini semakin tinggi angka oktan maka pembakaran yang dihasilkan akan lebih sempurna dan semakin tingginya efisiensi thermal. Etanol merupakan alkohol rantai pendek yang dihasilkan dari proses fermentasi biomassa seperti jagung, tebu dan kelapa sawit. Etanol memiliki angka oktan yang tinggi yaitu berkisar 108 hingga 110 sehingga kandungan oksigen yang lebih besar 35% dibanding bensin murni yang dapat meningkatkan proses pembakaran di ruang bakar [9]. Namun nilai kalor etanol lebih rendah yaitu sekitar 26 - 28 MJ/kg sedangkan bensin murni yaitu sekitar 44 MJ/kg, sehingga campuran kadar yang lebih besar dapat menurunkan daya mesin dan performannya serta dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar [10].

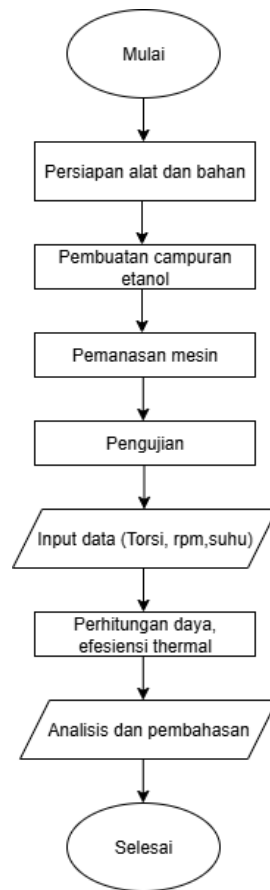
Penelitian uji campuran etanol dengan kadar 5%-10% pada bensin RON 88 dan RON 92 [11]. Hasilnya menunjukkan efisiensi thermal meningkat hingga sekitar 4 % hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kadar etanol yang sesuai dapat meningkatkan efisiensi thermal. Penggunaan etanol kadar 30% atau lebih pada campuran bahan bakar dapat menyebabkan penurunan efisiensi thermal hal ini dikarenakan pembakaran yang lebih cepat sehingga menyebabkan ketidakseimbangan panas di ruang bakar [12]. Emisi gas buang dan menunjukkan penggunaan campuran etanol dapat mengurangi emisi gas karbon dan menjukan kualitas pembakaran [13].

Penelitian ini merupakan jenis eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui efek dari penggunaan etanol pada bahan bakar mesin dan efisiensi thermal motor bahan bakar bensin. Pengujian ini dengan menggunakan motor bensin 4 langkah berpendingin udara pada berbagai bahan bakar campuran bensin dan etanol.

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Diagram alir

Berikut adalah diagram alir dalam melakukan pengujian pada bahan bakar bensin campuran etanol dan pengaruhnya pada efisiensi thermal.



**Gambar 1.** Diagram Alir

### 3.2 Alat dan bahan dalam Pengujian

#### 1) Alat

Berikut adalah alat dan bahan dalam melakukan penngujian ini :

1. Mesin uji tipe 4 langkah dan satu silinder
2. Kapasitas silinder : 125 cc
3. Sistem pengapian : CDI
4. Sistem pendingin udara
5. Dynamometer untuk mengukur daya efektif mesin
6. Flowmeter untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar dari proses pembakaran
7. Termokopel tipe k untuk menhgukur suhu masuk dan keluar gas
8. Tachometer untuk mengukur putaran mesin (rpm)

#### 2) Bahan

1. Bahan yang digunakan
2. Bahan bakar RON 90
3. Etanol 96%
4. Campuran etanol (0%, 10%, 20%, 30%)

#### 3) Prosedur yang digunakan

Siapkan alat dan bahan sebelum melakukam pengujian. Campuran etanol dan bensin dibuat dalam wadah tertutup dengan pengadukan homogen. Pemansan mesin. Panaskan mesin sekitar 10 menit sebelum melakukan pengujian hal ini dilakukan untuk memastikan mesin dapat menguji dengan baik

#### 4) Pelaksanaan pengujian

- Mesin diputar secara konstan pada 3000 rpm
- Setiap jenis kandungan bahan bakar diuji berbeda

- Data yang dicatat meliputi: torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar per waktu, serta suhu gas buang.
- Pengulangan percobaan. Ulangi pengujian hingga minimal 3 kali untuk memperoleh nilai rata-rata yang akurat.

### 3.3 Analisa Data

Berikut merupakan persamaan untuk menghitung daya efektif:

$$P_b = 2\pi NT$$

N = putaran mesin (rps)

T = torsi (Nm)

Berikut adalah persamaan untuk menghitung konsumsi bahan bakar yang digunakan :

$$BSFC = \frac{m_f}{P_b}$$

M<sub>f</sub> : Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Berikut adalah persamaan untuk menghitung efisiensi thermal:

$$\eta_{th} = \frac{P_b}{m_f \times LHV}$$

di mana, LHV adalah Lower Heating Value bahan bakar campuran (kJ/kg).

Nilai LHV tiap campuran dihitung berdasarkan proporsi etanol dan bensin. nilai efisiensi termal tiap variasi campuran dibandingkan dengan bahan bakar bensin murni (E0) untuk menentukan campuran yang memberikan efisiensi terbaik.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil

Proses pengujian dilakukan pada mesin motor bensin 4 langkah, dengan kapasitas 125 cc dan dengan bahan bakar murni, bahan bakar campuran etanol 10%, bahan bakar campuran etanol 20%, dan bahan bakar campuran etanol 30%, Mesin dioperasikan dengan kecepatan konstan 3000 rpm dengan memiliki tingkat beban anatar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pada pengujian campuran etanol 0% didapatkan bahwa efisiensi mesin mengalami penurunan dan juga mengalami emisi gas karbon yang cukup tinggi. Efisiensi termal meningkat seiring peningkatan kadar etanol hingga 20 % (E20), lalu menurun pada E30. Campuran E20 menghasilkan efisiensi termal tertinggi yaitu 18,5 % pada beban 75 %. Semakin tinggi persentasi etanol dalam campuran bahan bakar semakin menurunnya efisiensi termal hal ini dapat membuat mesin akan bekerja secara keras dan memungkinkan mesin mengalami overheat selain itu penggunaan etanol yang terlalu tinggi kadarnya juga dapat membuat bahan bakar mesin lebih boros.

### 4.2 Pembahasan

Torsi diukur dengan dynamometer air, untuk menunjukkan besarnya momen punter. Putaran mesin (N) – dijaga konstan pada 3000 rpm menggunakan tachometer digital agar hasil dapat dibandingkan antar campuran bahan bakar. Laju aliran massa bahan bakar ( $\dot{m}_f$ ) – diukur dengan flowmeter volumetrik (ml/s), lalu dikonversi ke satuan kg/s berdasarkan densitas bahan bakar masing-masing. Daya efektif (Brake Power, P) – dihitung dari hasil pengukuran torsi dan putaran Efisiensi termal ( $\eta_{th}$ ) – diperoleh dari perbandingan antara daya efektif dan laju.

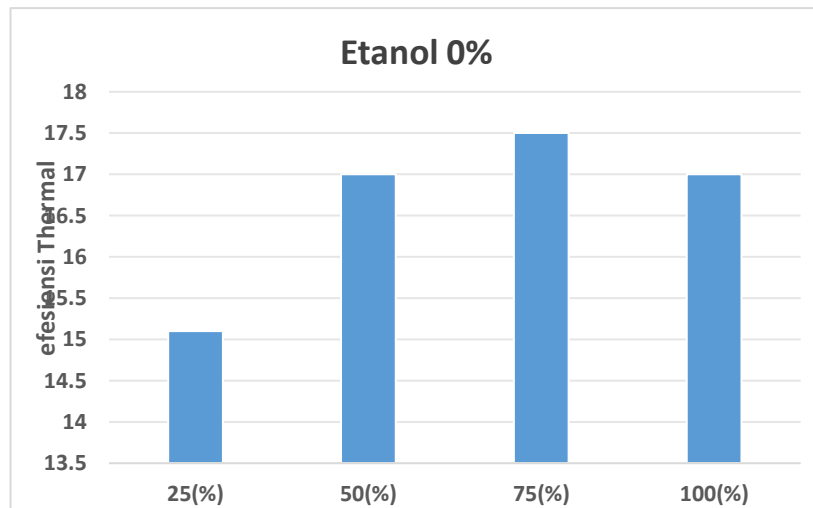
**Table 1.** Data tabel pengujian

Campuran	Beban (%)	Torsi (Nm)	Daya (W)	Mf (kg/jam)	LHV(mg/kj)	$\eta_{th}$ (%)
E0	25	4.8	1500	0.23	44.0	15.1
E0	50	6.9	2200	0.32	44.0	17
E0	75	8.2	2600	0.38	44.0	17.5

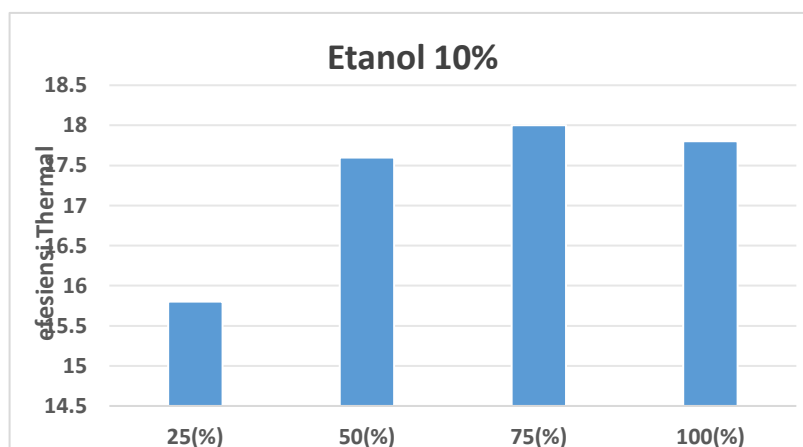
E0	100	9.0	2800	0.44	44.0	17
E10	25	4.9	1550	0.24	42.2	15.8
E10	50	7.1	2300	0.33	42.2	17.6
E10	75	8.4	2700	0.39	42.2	18.0
E10	100	9.2	2900	0.45	42.2	17.8
E20	25	5.0	1580	0.25	40.5	16.3
E20	50	7.2	2350	0.34	40.5	18.2
E20	75	8.6	2750	0.39	40.5	18.5
E20	100	9.4	2950	0.46	40.5	18.1
E30	25	4.7	1500	0.26	38.8	14.9
E30	50	6.7	2200	0.36	38.8	16
E30	75	8.0	2600	0.43	38.8	16.4
E30	100	8.7	2750	0.48	38.8	15.9

#### 4.2.1 Grafik efisiensi thermal terhadap campuran etanol

Berikut adalah grafik efisiensi thermal pada Etanol 0% :

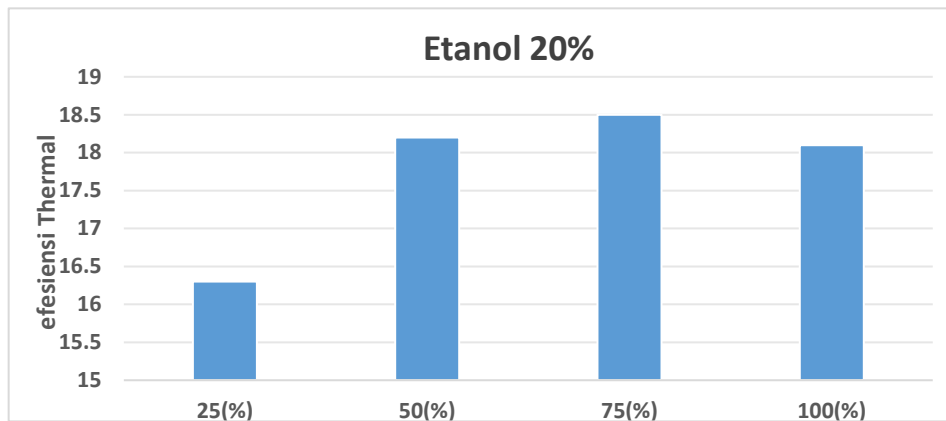


Gambar 2. Grafik efisiensi thermal pada Etanol 0%



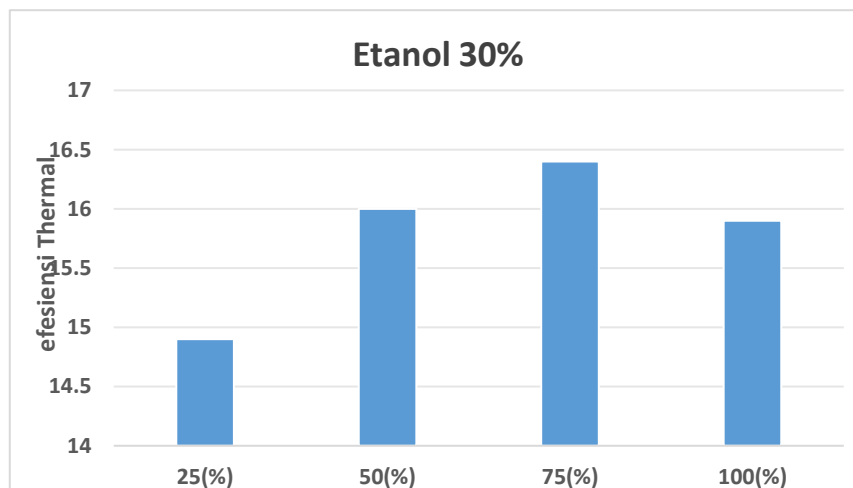
Gambar 3. Etanol 10%

Berikut adalah grafik efisiensi thermal pada Etanol 20%:



Gambar 4. Etanol 20%

Berikut adalah grafik efisiensi thermal pada Etanol 30%:



Gambar 5. Etanol 30%

Dari gambar dan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Efisiensi termal meningkat seiring peningkatan kadar etanol hingga 20 % (E20), lalu menurun pada E30. Campuran E20 menghasilkan efisiensi termal tertinggi yaitu 18,5 % pada beban 75 %.
- 2) Peningkatan efisiensi pada E10 dan E20 disebabkan oleh kandungan oksigen dalam etanol yang memperbaiki proses pembakaran. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Yos Nofendri (2019) dan Husin Ibrahim (2020), yang melaporkan bahwa penambahan etanol 10–20 % meningkatkan efisiensi termal karena pembakaran lebih sempurna.
- 3) Penurunan efisiensi pada E30 disebabkan oleh penurunan nilai kalor (LHV) yang signifikan, yaitu dari 44 MJ/kg menjadi 38,8 MJ/kg. Meskipun pembakaran lebih bersih, energi yang dihasilkan per satuan massa bahan bakar menurun, sehingga konsumsi bahan bakar meningkat.
- 4) Pada semua jenis bahan bakar, efisiensi termal meningkat dengan naiknya beban mesin. Hal ini karena pada beban tinggi, proporsi rugi-rugi gesek terhadap daya efektif berkurang, membuat konversi energi panas ke energi mekanik lebih efisien.

#### 4.4.2 Perbandingan Logis

Berikut merupakan perbandingan logis mengenai jurnal-jurnal terdahulu:

**Table 2.** Perbandingan penelitian sebelumnya

Peneliti	Campuran etanol	Hasil	Relevansi dengan penelitian ini
Yos Nofendri (2019)	E5, E10	Efisiensi meningkat 4 % dibanding E0.	Tren efisiensi naik sampai E20 sesuai hasil penelitian ini.
Bambang Junipitoyo (2021)	E50	Efisiensi naik 5–10 % dengan rasio kompresi tinggi.	Menunjukkan etanol memberi efek positif bila parameter mesin disesuaikan.
Husin Ibrahim (2020)	E10, E20	E20 memberi efisiensi tertinggi dan emisi terendah.	Hasil sama: E20 optimum pada efisiensi termal.
Mega N. Sasongko (2017)	E10-30	Efisiensi turun di atas E30.	Konsisten dengan tren penurunan di E30 pada penelitian ini.

Dari perbandingan di atas, dapat disimpulkan bahwa komposisi etanol 10–20 % merupakan rentang optimum untuk meningkatkan efisiensi termal tanpa menurunkan daya mesin secara signifikan. Selain itu, suhu ruang bakar pada campuran E20 sedikit lebih tinggi dibandingkan E0, menandakan pembakaran lebih sempurna. Namun, pada E30, peningkatan laju pembakaran membuat suhu puncak naik berlebihan dan efisiensi menurun karena timing pembakaran tidak optimal (menyebabkan sebagian energi hilang sebagai panas buangan).

#### 4.4.3 Temuan Ilmiah

Penelitian ini menghasilkan beberapa temuan ilmiah penting yang menjelaskan hubungan antara kadar etanol dalam bahan bakar dengan efisiensi termal motor bakar bensin. Temuan-temuan ini menggambarkan bagaimana sifat fisik dan kimia etanol memengaruhi proses pembakaran, konsumsi bahan bakar, serta konversi energi panas menjadi energi mekanik.

Etanol sebagai Bahan Bakar Beroksigen Meningkatkan Efisiensi Pembakaran. Etanol mengandung unsur oksigen sekitar 35% secara massa, sehingga ketika dicampurkan dengan bensin, campuran bahan bakar menjadi lebih mudah terbakar dan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Kandungan oksigen ini membantu mempercepat proses oksidasi molekul hidrokarbon dan mengurangi pembentukan karbon monoksida (CO) serta hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar. Proses pembakaran yang lebih sempurna ini menyebabkan lebih banyak energi panas yang dikonversi menjadi energi mekanik, sehingga efisiensi termal meningkat. Hal ini terbukti pada hasil pengujian di mana campuran E10 dan E20 memiliki efisiensi termal 2–3% lebih tinggi dibandingkan bensin murni (E0). Fenomena ini sesuai dengan hasil penelitian Yos Nofendri (2019) dan Husin Ibrahim (2020) yang juga menemukan peningkatan efisiensi akibat adanya oksigen tambahan dalam etanol.

Hubungan antara Suhu Ruang Bakar dan Efisiensi Termal. Etanol memiliki panas penguapan (latent heat of vaporization) yang lebih tinggi dibandingkan bensin. Akibatnya, saat disemprotkan ke ruang bakar, etanol menyerap lebih banyak panas dari udara sekitar, menurunkan temperatur campuran udara–bahan bakar sebelum pembakaran. Efek pendinginan ini meningkatkan massa udara yang masuk (densitas), memperbaiki pengisian silinder (volumetric efficiency), dan menghasilkan pembakaran yang lebih padat. Hasilnya, tekanan puncak pembakaran meningkat, yang berdampak pada peningkatan daya dan efisiensi termal pada kadar etanol rendah–menengah (E10–E20). Namun, pada kadar tinggi (E30), pendinginan berlebihan dan nilai kalor rendah menyebabkan energi bersih total menurun, sehingga efisiensi keseluruhan kembali turun.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap motor bensin empat langkah dengan variasi campuran etanol dan bensin, dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada bahan bakar mampu meningkatkan efisiensi termal mesin hingga batas tertentu. Campuran etanol dengan bensin pada kadar 10% (E10) dan 20% (E20) menunjukkan peningkatan efisiensi termal dibandingkan dengan bensin murni (E0). Nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada campuran E20, yaitu sebesar 18,5%, atau meningkat sekitar 1%–1,5% dibandingkan bahan bakar bensin tanpa campuran. Peningkatan efisiensi ini disebabkan oleh kandungan oksigen dalam etanol yang membantu proses pembakaran menjadi lebih sempurna, sehingga energi panas yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi energi mekanik dengan lebih efektif. Namun, pada campuran etanol yang lebih tinggi, seperti E30, efisiensi termal mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor etanol yang lebih rendah dibandingkan bensin, serta perubahan rasio udara-bahan bakar stoikiometri yang menyebabkan mesin membutuhkan bahan bakar lebih banyak untuk menghasilkan daya yang sama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan etanol sebagai bahan bakar campuran paling optimal berada pada kisaran 10–20%, karena pada kadar tersebut terjadi keseimbangan antara peningkatan efisiensi pembakaran, konsumsi bahan bakar, dan kestabilan kinerja mesin. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa etanol memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang dapat digunakan pada mesin bensin konvensional tanpa memerlukan modifikasi signifikan, serta mendukung upaya diversifikasi energi nasional.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar penelitian lanjutan dilakukan dengan mempertimbangkan variasi kecepatan putaran mesin, rasio kompresi, dan kondisi beban yang lebih luas untuk mendapatkan karakteristik performa yang lebih komprehensif. Selain itu, analisis emisi gas buang seperti CO, CO<sub>2</sub>, HC, dan NO<sub>x</sub> perlu dilakukan untuk menilai dampak lingkungan dari penggunaan campuran etanol secara lebih menyeluruh. Penelitian juga sebaiknya dilakukan pada mesin dengan sistem injeksi bahan bakar (EFI), karena sistem ini mampu mengatur rasio udara-bahan bakar secara otomatis, sehingga pembakaran etanol pada berbagai kadar dapat berlangsung lebih optimal. Untuk mendukung penerapan bahan bakar etanol di Indonesia, perlu dilakukan pengujian terhadap bioetanol hasil produksi lokal yang bersumber dari biomassa seperti tebu, singkong, dan limbah pertanian, agar hasil penelitian lebih relevan terhadap kondisi kemandirian energi nasional. Selain itu, kajian mengenai kompatibilitas material sistem bahan bakar terhadap etanol juga penting dilakukan, mengingat sifat etanol yang bersifat korosif terhadap beberapa jenis logam dan karet sintesis. Dengan langkah-langkah tersebut, penelitian mengenai campuran etanol dan bensin diharapkan dapat terus dikembangkan untuk mendukung transisi menuju energi yang lebih bersih dan berkelanjutan di masa depan.

### Daftar Pustaka

- [1] R. D. Saniyyah, "Peran Inovasi Teknologi Dalam Green Transportasi: Mewujudkan Green Economy Dan Pembangunan Berkelanjutan," *J. Ekon. J. Econ.*, vol. 1, 2024.
- [2] M. D. Rezaa and S. Yushardib, "Penggunaan Energi Matahari Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Guna Menaggulangi Kelangkaan Bahan Bakar Fosil Bensin," *JPST J. Pendidikan, Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, 2023.
- [3] R. Prihandana, K. Noerwijan, P. G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, and R. Hendroko, *Bioetanol Ubi Kayu; Bahan Bakar Masa Depan*. AgroMedia, 2007.
- [4] H. Suryadri, N. Nazarudin, and S. Sumantri, "Potensi Tkks Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dan Dimetil Eter Melalui Proses Gasifikasi," *Perspekt. Rev. Penelit. Tanam. Ind.*, 2021.
- [5] M. A. Hafidz, B. Junipitoyo, and D. Hariyanto, "Uji Perform Piston Engine 1 Cylinder Dengan Variasi Campuran Peralite-Low Etanol Pada Piston Modifikasi," in *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 2021.
- [6] Y. J. Lewerissa, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar Bensin Dan Etanol Terhadap Prestasi Mesin Bensin," *Arika J. Tek. Ind.*, pp. 137–146, 2011.
- [7] M. Razi, E. Siswanto, and W. Wijayanti, "Pengaruh derajat pengapian terhadap kinerja motor bakar 6 langkah berbahan bakar etanol," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 299–308, 2019.

- [8] M. Mafruddin, C. G. Segara, and U. S. Dharma, "Kinerja mesin sepeda motor dengan sistem vaporasi bahan bakar," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 56–63, 2019.
- [9] Y. P. Sihole, T. Sugiarto, and D. Fernandez, "Analisis Variasi Campuran Pertamina 92 Dengan Metanol Terhadap Penambahan Nilai Oktan Emisi Gas Buang Pada Motor Satria Fu Injeksi," *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 3, no. 4, pp. 923–934, 2025.
- [10] B. Harjanto, A. Lufti, and F. Silitonga, "ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR GASOHOL BE-20 DAN BENSIN JENIS PERTAMAX TERHADAP PRESTASI MESIN KENDARAAN KIJANG 7K," *J. Mek.*, vol. 13, no. 1, pp. 53–65, 2025.
- [11] A. Altrinaldo and R. Abu, "Analisis Tingkat Emisi Gas Buang, Konsumsi Bahan Bakar Dan Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dan Campuran Pertamina Etanol," *Ekasakti Eng. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2024.
- [12] H. Y. Nanlohy, "Perbandingan Variasi Derajat Pengapian Terhadap Efisiensi Termal Dan Konsumsi Bahan Bakar Otto Engine Be50," *J. Din.*, vol. 3, no. 2, pp. 211–215, 2012.
- [13] I. M. Mara, I. M. Nuarsa, I. B. Alit, and I. M. A. Sayoga, "Analisis emisi gas buang kendaraan berbahan bakar etanol," *Din. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 45–57, 2019.