

PENGARUH VARIASI KADAR METANOL PADA PERTAMAX TERHADAP PERFORMA DAN EFISIENSI PEMBAKARAN MESIN SUZUKI G15A

*Amoro Minawa Arnanta¹, Berkah Fajar Tamtomo Kiono², Shofwan Bahar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: awa.arnanta@gmail.com

Abstrak

Mesin pembakaran dalam bekerja dengan mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran. Karakteristik bahan bakar menjadi faktor penting yang memengaruhi performa mesin, dan metanol merupakan salah satu kandidat aditif yang memiliki angka oktan tinggi serta pembakaran yang lebih bersih. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi campuran metanol pada Pertamina terhadap performa dan efisiensi pembakaran mesin Suzuki G15A. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan *engine dynamometer* dengan metode *step steady-state* pada putaran 1000–4000 rpm per 500 rpm. Variasi bahan bakar yang digunakan meliputi M0, M10, M20, dan M30. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran M0 dan M10 memberikan performa terbaik, dengan torsi puncak masing-masing 105,21 N·m dan 112,21 N·m pada sekitar 3500 rpm. Secara keseluruhan, M10 menjadi campuran paling optimal karena mampu memberikan performa yang baik dengan peningkatan konsumsi bahan bakar yang masih wajar sekitar 15-20% dibandingkan bahan bakar M0.

Kata Kunci: efisiensi pembakaran; konsumsi bahan bakar; metanol; pertamax; performa mesin

Abstract

Internal combustion engines convert chemical energy from fuel into mechanical energy through a combustion process. Fuel characteristics significantly impact engine performance, and methanol is a high-octane additive candidate that promotes cleaner combustion. This study aims to analyze the effect of varying methanol-Pertamax blends on the performance and combustion efficiency of a Suzuki G15A engine, focusing on parameters such as torque, power, fuel consumption, air-fuel ratio (AFR), and brake thermal efficiency (BTE). Experimental testing was conducted using an engine dynamometer with a step steady-state method across a range of 1000–4000 rpm at 500 rpm increments. Fuel variations included M0, M10, M20, and M30. The results indicate that M0 and M10 blends provided the best performance, with peak torque reaching 105.21 N·m and 112.21 N·m, respectively, at approximately 3500 rpm. Overall, M10 is identified as the most optimal blend, providing good performance with a reasonable increase in fuel consumption of approximately 15-20% compared to M0.

Keywords: combustion efficiency; engine performance; fuel consumption; methanol; pertamax

1. Pendahuluan

Sektor transportasi di Indonesia merupakan konsumen energi terbesar yang masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, khususnya bensin [1]. Kebutuhan energi yang terus meningkat tidak sebanding dengan cadangan minyak bumi yang kian menipis, sehingga diperlukan upaya pencarian bahan bakar alternatif yang lebih efisien dan terbarukan [2]. Metanol (CH_3OH) muncul sebagai kandidat yang menjanjikan karena memiliki angka oktan yang tinggi dan kandungan oksigen yang melimpah, yang secara teoritis dapat meningkatkan efisiensi pembakaran serta menekan pembentukan emisi gas buang pada mesin penyalan percik [3].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi penggunaan alkohol sebagai campuran bahan bakar, namun seringkali fokus pada mesin dengan teknologi lama atau hanya pada putaran mesin tertentu [4]. Karakteristik pengapuan metanol yang tinggi diketahui dapat memberikan efek pendinginan pada saluran masuk (*charge cooling effect*), yang berpotensi meningkatkan efisiensi volumetrik dan kepadatan campuran udara-bahan bakar pada mesin modern seperti Suzuki G15A yang sudah menggunakan sistem injeksi elektronik [5]. Namun, tantangan utama penggunaan metanol terletak pada nilai kalor bawah (*Lower Heating Value*) yang jauh lebih rendah dibandingkan bensin murni, yang dapat memicu peningkatan konsumsi bahan bakar secara signifikan untuk menjaga output daya yang sama [6].

Meskipun dasar-dasar termodinamika mengenai pembakaran alkohol sudah banyak dibahas dalam literatur klasik [7], data empiris mengenai pengaruh variasi kadar metanol yang lebih tinggi (hingga 30%) pada mesin Suzuki G15A dalam kondisi *steady-state* masih terbatas [8]. Penentuan rasio campuran yang tepat antara Pertamina dan metanol sangat krusial untuk menemukan titik keseimbangan antara performa mesin dan konsumsi bahan bakar agar tidak terjadi fenomena campuran yang terlalu kaya (*rich mixture*) yang justru menurunkan efisiensi termal [9]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan analisis mendalam mengenai karakteristik performa dan efisiensi termal mesin Suzuki G15A guna memberikan referensi teknis pemanfaatan metanol sebagai bahan bakar alternatif di masa depan [10].

2. Bahan dan Metode Penelitian

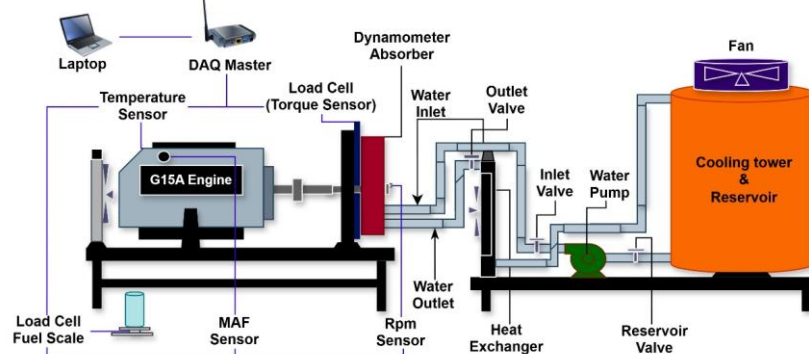
2.1 Alat Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan unit mesin Suzuki G15A *Inline-4* dengan kapasitas silinder 1493 cc. Spesifikasi detail mesin yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Suzuki G15A

Tipe Mesin	: G15A <i>Inline-4</i>
Isi Silinder	: 1493 cc
Diameter x Langkah	: 75 x 84.5 mm
Daya Maksimum	: 68/6000 kW/rpm
Torsi Maksimum	: 126/3000 Nm/rpm
Sistem Bahan Bakar	: <i>Muti Point Injection</i>

Alat utama yang digunakan adalah *engine dynamometer* tipe *absorption dynamometer* (Dynamite 13" Land & Sea) untuk memberikan pembebanan melalui sistem hidrolik menggunakan pompa air. Data akuisisi diambil menggunakan *ICE Data Logger* yang terintegrasi dengan perangkat lunak *EMSys* untuk membaca rpm, torsi, *air flow*, dan temperatur secara *computerized*. Bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina (RON 92) dan metanol murni grade 99,98% dengan variasi campuran M10, M20, dan M30.



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

2.2 Prosedur Pengujian

Metode pengujian yang diterapkan adalah *Step Steady-State Test*. Mesin dioperasikan pada rentang putaran 1000 rpm hingga 4000 rpm dengan kenaikan bertahap setiap 500 rpm. Pada setiap titik putaran (*step*), throttle dan beban air pada dynamometer disesuaikan hingga putaran mesin stabil sebelum data dicatat selama 10-30 detik per *step*.

2.3 Parameter Analisis

Untuk mengevaluasi unjuk kerja mesin Suzuki G15A, dilakukan pengolahan data hasil eksperimen menggunakan parameter-parameter termodinamika sebagai berikut:

2.3.1 Daya Efektif (P_b)

Dihitung berdasarkan torsi (T) dan putaran mesin (N):

$$P_b = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60 \cdot 1000} \text{ (kW)}$$

2.3.2 Konsumsi Bahan Bakar ($\dot{m}_f$)

Laju aliran massa bahan bakar dihitung dari massa terpakai (m_f) per satuan (t):

$$\dot{m}_f = \frac{m_f}{t} \cdot t \text{ (kg/h)}$$

2.3.3 Air Fuel Ratio (AFR)

Perbandingan massa udara dan bahan bakar dihitung dari massa udara ($\dot{m}_a$) dan massa bahan bakar ($\dot{m}_f$):

$$AFR = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

2.3.4 Brake Thermal Efficiency (η_b)

Rasio antara daya output terhadap energi input dari bahan bakar:

$$\eta_b = \frac{P_b}{\dot{m}_f \cdot LHV} \cdot 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

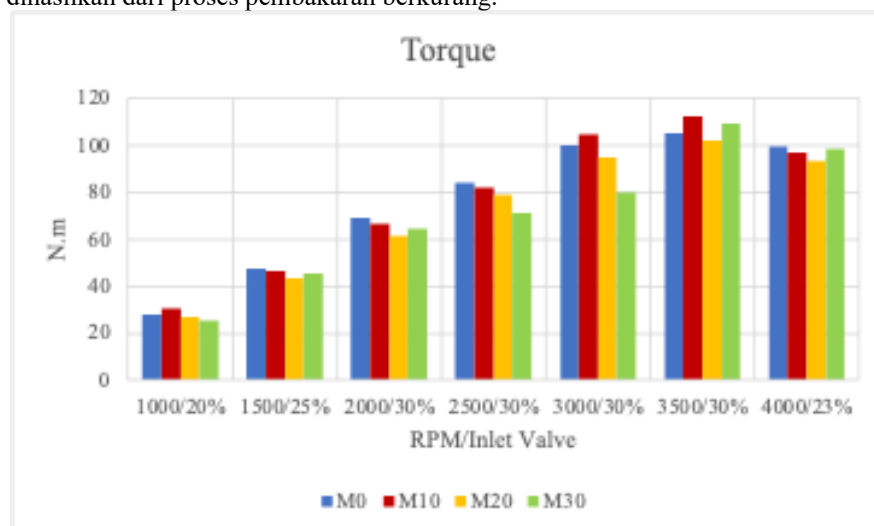
Pengujian dilakukan menggunakan metode *step steady-state* pada rentang putaran 1000 hingga 4000 rpm dengan interval 500 rpm untuk mendapatkan data performa dan efisiensi pembakaran mesin Suzuki G15A secara akurat. Hasil pengolahan data utama diringkas dalam Tabel 2 di bawah ini untuk memudahkan perbandingan antar variabel.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Performa Maksimum

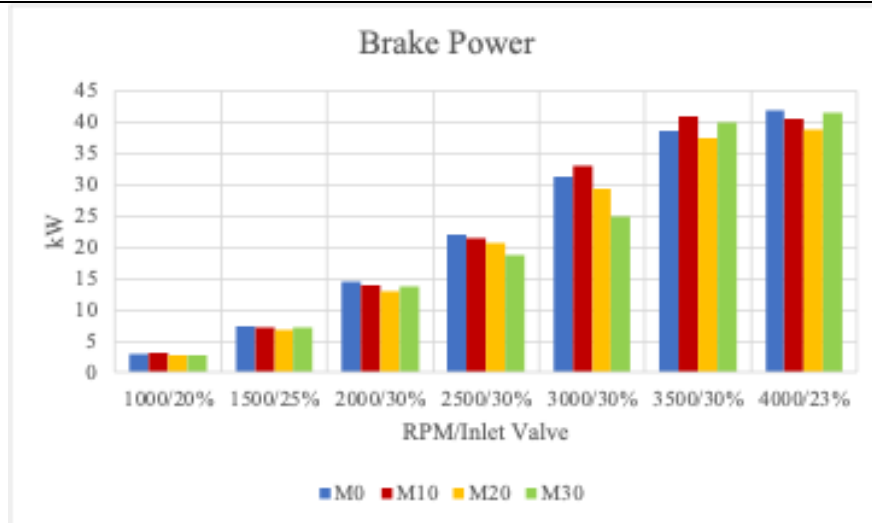
Variabel Bahan Bakar	Torsi Maksimum (N.m)	Daya Maksimum (kW)	BTE Maksimum (%)	Konsumsi BBM @4000 RPM (kg/h)
M0 (Pertamax)	105,21	41,87	39,64	12,56
M10 (10% Metanol)	112,21	40,96	37,85	13,89
M20 (20% Metanol)	101,86	38,87	34,53	16,38
M30 (30% Metanol)	109,34	41,44	30,75	18,64

3.1 Analisis Torsi dan Daya Mesin

Berdasarkan hasil pengujian, campuran M10 menghasilkan torsi puncak tertinggi sebesar 112,21 N.m pada 3500 rpm. Peningkatan torsi pada M10 dibandingkan Pertamax murni (M0) disebabkan oleh efek pendinginan penguapan (*latent heat of vaporization*) metanol yang lebih tinggi. Fenomena ini menurunkan suhu udara masuk sehingga densitas udara meningkat, yang kemudian memperbaiki efisiensi volumetrik dan mengoptimalkan pembakaran di dalam silinder. Namun, pada campuran M20 dan M30, torsi dan daya cenderung mengalami penurunan sekitar 10%. Hal ini terjadi karena nilai kalor bawah (Lower Heating Value) metanol yang rendah (19.800 kJ/kg) mulai mendominasi campuran, sehingga energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran berkurang.



(a)



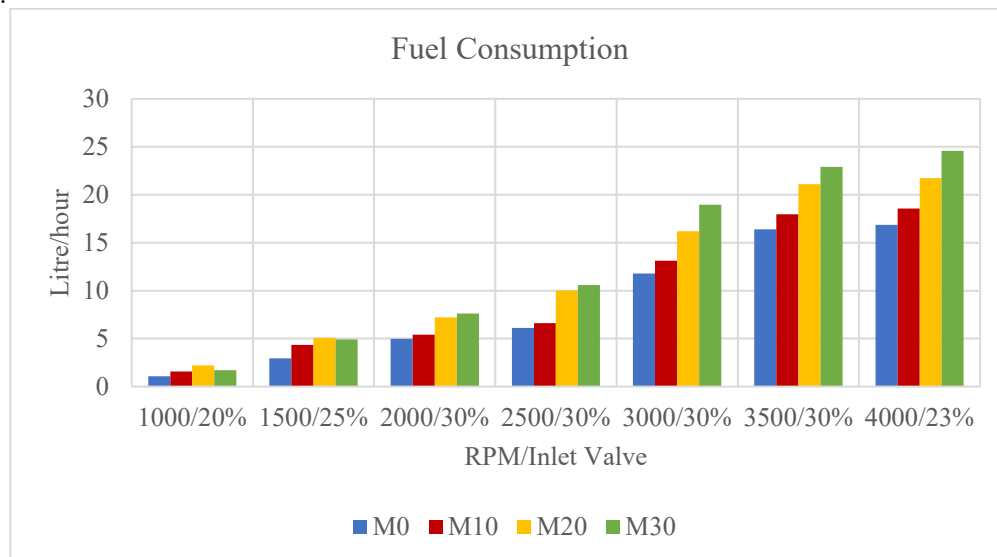
(b)

Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian (a) Torsi dan (b) Daya Mesin

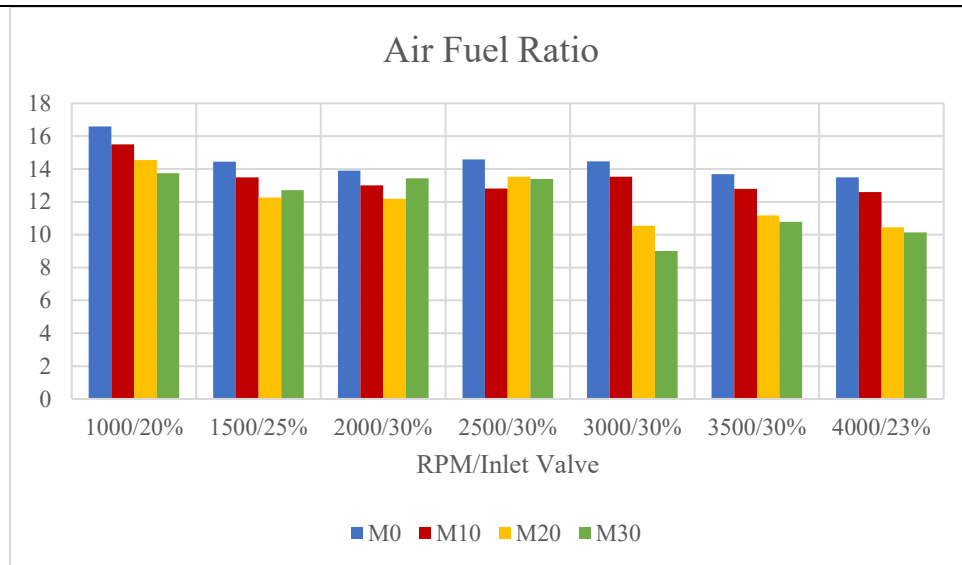
3.2 Konsumsi Bahan Bakar dan Karakteristik AFR

Laju konsumsi bahan bakar menunjukkan tren peningkatan yang signifikan seiring dengan bertambahnya kadar metanol. Pada putaran 4000 rpm, campuran M30 memiliki konsumsi tertinggi sebesar 18,64 kg/h, berbanding jauh dengan M0 yang hanya sebesar 12,56 kg/h. Rata-rata kenaikan konsumsi pada M10 berkisar antara 15-20%. Hal ini merupakan kompensasi mesin untuk menghasilkan daya yang setara di tengah penurunan densitas energi campuran bahan bakar.

Kondisi ini berbanding lurus dengan nilai *Air-Fuel Ratio* (AFR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar metanol, campuran menjadi semakin kaya (*rich*). Campuran M30 mencapai nilai AFR terendah yaitu 10,14 pada 4000 rpm. Penurunan AFR ini terjadi karena nilai stoikiometri metanol (~6,4) jauh lebih rendah dibandingkan bensin murni (~14,7), sehingga dibutuhkan volume bahan bakar yang lebih besar dalam campuran udara untuk mencapai pembakaran.



(a)

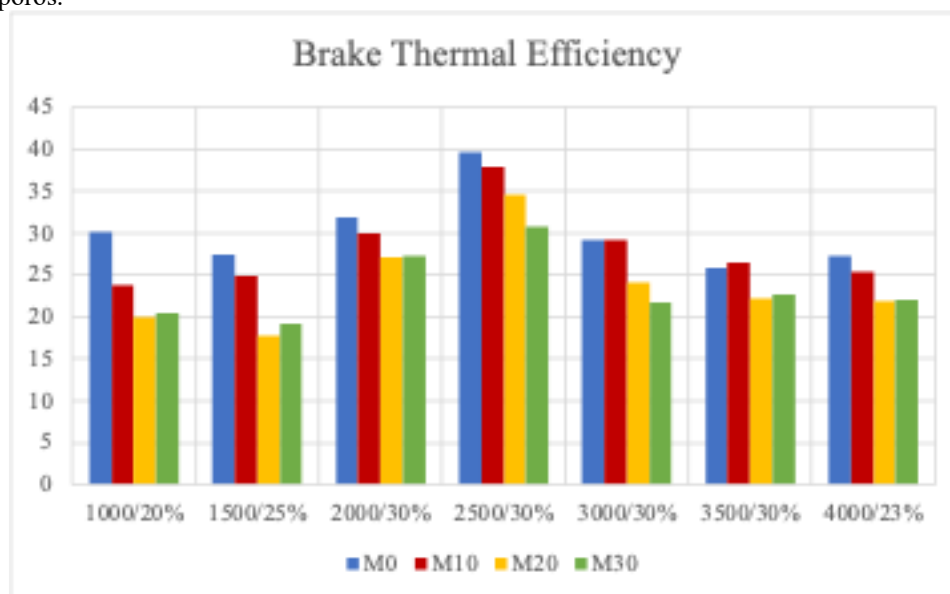


(b)

Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan (a) Konsumsi Bahan Bakar dan (b) Nilai AFR\

3.3 Efisiensi Termal (BTE)

Efisiensi termal tertinggi (*Brake Thermal Efficiency*) untuk seluruh variabel dicapai pada putaran 2500 rpm. Pada titik ini, M0 menunjukkan nilai efisiensi terbaik sebesar 39,64%. Sebaliknya, campuran M30 memiliki nilai BTE terendah sebesar 30,75%. Penurunan efisiensi pada kadar metanol yang tinggi disebabkan oleh dua faktor utama: nilai LHV metanol yang rendah dan kondisi campuran yang terlalu kaya (*overly rich*). Campuran yang terlalu kaya mengakibatkan proses pembakaran tidak berlangsung secara sempurna, sehingga sebagian energi panas tidak terkonversi secara efektif menjadi kerja poros.



Gambar 4. Grafik Hasil Nilai BTE

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada mesin Suzuki G15A, dapat disimpulkan bahwa:

1. Campuran M10 memberikan performa paling optimal dengan torsi puncak mencapai 112,21 N.m pada 3500 rpm, melampaui Pertamax murni (M0).
2. Penambahan metanol menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar secara linier sebesar 15–20% pada M10 dan mencapai puncaknya pada M30 (18,64 kg/h) akibat nilai kalor metanol yang rendah.
3. Nilai AFR menurun seiring bertambahnya kadar metanol, di mana campuran M30 menghasilkan kondisi pembakaran paling kaya (rich) dengan nilai 10,14.

4. Efisiensi termal (BTE) tertinggi dicapai pada 2500 rpm, namun penambahan metanol di atas 20% (M20 & M30) justru menurunkan efisiensi akibat pembakaran yang tidak sempurna.
5. Secara teknis, M10 adalah rasio campuran terbaik yang mampu meningkatkan performa mesin tanpa penurunan efisiensi yang drastis.

5. Daftar Pustaka

- [1] Pulkrabek, W. W., 2014, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, 2nd ed., Pearson Education Limited.
- [2] Darmawan, A., Riyadi, S., dan Putra, R., 2020, "Analisis konsumsi energi sektor transportasi berbasis bahan bakar fosil di Indonesia," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 12, no. 2, pp. 55–62.
- [3] Deka, T. J., dan Sharma, S., 2022, "Methanol as a clean alternative fuel: Production, combustion characteristics, and environmental impact," *Renewable Energy Research Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 22–35.
- [4] Ghobadian, B., Rahimi, H., dan Nikbakht, A. M., 2009, "Experimental investigation of SI engine performance using methanol–gasoline blends," *Fuel*, vol. 88, no. 11, pp. 2058–2064.
- [5] Malik, M. A. I., et al., 2021, "Experimental evaluation of methanol–gasoline blend on performance, emissions, and lubricant deterioration in SI engine," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 13, no. 7.
- [6] Sharma, A., dan Dhar, A., 2018, "Properties of Gasoline–Alcohol Blends: A Review," *Fuel*, vol. 232, pp. 559–577.
- [7] Çengel, Y. A., dan Boles, M. A., 2015, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8th ed., McGraw-Hill.
- [8] Zhen, X., dan Wang, Y., 2020, "Combustion and emission characteristics of methanol and gasoline blends in spark-ignition engines," *Fuel*, vol. 279.
- [9] Sumarsono, R., 2025, "Pengaruh campuran metanol pada kinerja mesin bensin dan emisi gas buang," *Jurnal Teknologi Otomotif Indonesia*, vol. 7, no. 1.
- [10] Heywood, J. B., 2018, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 2nd ed., McGraw-Hill.