

Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Biopremium dan Premium terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin EFI Toyota Starlet

Akhmad Farid ^{1,*}, Purbo Suwandono ¹, Diky Siswanto ²

¹ Teknik Mesin, Universitas Widya Gama, Malang, Indonesia

² Teknik Elektro, Universitas Widya Gama, Malang, Indonesia

Corresponding Author: af_arid@yahoo.com

Article Info	Abstrak
Diterima Disetujui Dipublikasikan	Kebutuhan bahan bakar minyak di sektor transportasi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, aktivitas industri, dan mobilitas masyarakat. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan biopremium terhadap karakteristik emisi gas buang dan performa mesin EFI Toyota Starlet 1300 cc. Pengujian dilakukan secara eksperimental pada variasi putaran mesin 800, 1000, 1500, dan 2000 rpm. Parameter yang diamati meliputi emisi CO₂, HC, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi efektif. Emisi CO₂ biopremium berada pada kisaran 0,00–3,67, sedangkan premium 7,97–12,27. Emisi HC biopremium juga lebih rendah, yaitu 46,67–11,33, sedangkan premium 264,67–159,33. Namun, konsumsi bahan bakar biopremium lebih tinggi, yaitu 0,002785–0,004688 kg/dt, dibandingkan premium sebesar 0,001741–0,003242 kg/dt. Efisiensi efektif premium juga lebih tinggi, yaitu 72,77–97,70%, sedangkan biopremium sebesar 45,50–67,56%. Dengan demikian, biopremium lebih unggul dalam menurunkan emisi gas buang, sedangkan premium lebih baik dari sisi konsumsi bahan bakar dan efisiensi efektif. Kata kunci: Biopremium, emisi gas buang, mesin EFI. Abstract <i>The need for fuel in the transportation sector continues to increase in line with the growth in the number of motorized vehicles, industrial activity, and public mobility. The objective of this study was to determine the effect of premium and biopremium fuel use on the exhaust emission characteristics and performance of the Toyota Starlet 1300 cc EFI engine.. The test was carried out experimentally at engine speed variations of 800, 1000, 1500, and 2000 rpm. The CO₂ emissions of biopremium ranged from 0.00 to 3.67, while premium gasoline ranged from 7.97 to 12.27. The HC emissions of biopremium were also lower, ranging from 46.67 to 11.33, while premium gasoline ranged from 264.67 to 159.33. However, biopremium fuel consumption was higher, ranging from 0.002785 to 0.004688 kg/s, compared with premium gasoline, which ranged from 0.001741 to 0.003242 kg/s. The effective efficiency of premium gasoline was also higher, ranging from 72.77% to 97.70%, while biopremium ranged from 45.50% to 67.56%. Therefore, biopremium is superior in reducing exhaust gas emissions, while premium gasoline performs better in terms of fuel consumption and effective efficiency.</i> Keywords: Biopremium, exhaust gas emissions, EFI engine.

1. Pendahuluan

Kebutuhan bahan bakar minyak di sektor transportasi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor, aktivitas industri, dan mobilitas masyarakat. Kondisi ini menyebabkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil semakin besar, sementara ketersediaan minyak bumi nasional cenderung terbatas [1]. Indonesia bahkan masih menghadapi persoalan ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi bahan bakar, sehingga sebagian kebutuhan bahan

bakar harus dipenuhi melalui impor. Dalam konteks yang lebih baru, Indonesia masih tercatat mengalami peningkatan impor produk minyak bumi; pada tahun 2024, impor produk minyak Indonesia meningkat 6,4% dibandingkan tahun sebelumnya, dengan bensin menyumbang hampir setengah dari total impor produk minyak tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa upaya pengembangan bahan bakar alternatif menjadi penting, tidak hanya untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, tetapi juga untuk mendukung ketahanan energi nasional.

Selain persoalan ketersediaan energi, penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor juga menimbulkan permasalahan lingkungan, terutama akibat emisi gas buang hasil pembakaran. Sektor transportasi merupakan salah satu penyumbang emisi yang signifikan karena masih didominasi oleh kendaraan bermesin pembakaran dalam berbahan bakar bensin dan diesel. Emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), dan nitrogen oksida (NO_x) dapat berdampak terhadap kualitas udara serta kesehatan manusia[2]. Laporan transportasi dan iklim menunjukkan bahwa emisi CO₂ sektor transportasi Indonesia mencapai sekitar 149.538 ribu ton pada tahun 2023 dan menyumbang sekitar 22% dari total emisi nasional. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengurangan emisi kendaraan, salah satunya melalui penggunaan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan[3].

Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi digunakan pada mesin bensin adalah biopremium, yaitu bahan bakar berbasis sumber terbarukan yang dapat berasal dari bahan nabati seperti gula tetes tebu, singkong, jagung, sagu, maupun sumber biomassa lainnya[4]. Dalam penelitian ini, biopremium adalah bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan yang memiliki beberapa keunggulan, antara lain bersifat biodegradable, relatif tidak beracun, serta menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar berbasis minyak bumi. Keunggulan tersebut menjadikan biopremium berpotensi sebagai bahan bakar pencampur maupun pengganti sebagian bensin premium pada kendaraan bermotor. Penggunaan bahan bakar berbasis alkohol atau biofuel pada mesin bensin juga relevan dengan arah pengembangan energi terbarukan di sektor transportasi. Pemerintah Indonesia bahkan telah merencanakan peningkatan kandungan bioetanol dalam bensin hingga 10% pada tahun 2028 sebagai bagian dari upaya meningkatkan kemandirian energi dan mengurangi impor bensin. Secara teknis, penambahan bioetanol atau bahan bakar nabati pada bensin dapat memengaruhi karakteristik pembakaran karena kandungan oksigen dalam bahan bakar dapat membantu proses oksidasi selama pembakaran. Penelitian pada mesin bensin sistem Electronic Fuel Injection menunjukkan bahwa campuran etanol-bensin dapat menurunkan emisi tertentu dari gas buang karena perubahan angka oktan, karakteristik penguapan, dan komposisi pembakaran bahan bakar.

Mesin dengan sistem Electronic Fuel Injection (EFI) memiliki kemampuan pengaturan suplai bahan bakar yang lebih presisi dibandingkan sistem karburator. Sistem EFI mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar berdasarkan kondisi operasi mesin, sehingga berpotensi menghasilkan pembakaran yang lebih efisien[5]. Namun demikian, perubahan jenis atau komposisi bahan bakar dapat memengaruhi proses atomisasi, rasio udara-bahan bakar, temperatur pembakaran, serta emisi gas buang yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengujian biopremium pada mesin EFI penting dilakukan untuk mengetahui apakah bahan bakar tersebut dapat digunakan tanpa menimbulkan peningkatan emisi yang merugikan. Meskipun biopremium memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, penggunaannya masih memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kelemahan yang disebutkan dalam naskah awal adalah kecenderungan biopremium memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan bensin premium serta kemungkinan mengalami penggumpalan pada kondisi suhu rendah [6]. Karakteristik fisik bahan bakar seperti viskositas, volatilitas, dan kandungan oksigen dapat memengaruhi kualitas pembakaran di dalam ruang bakar. Oleh sebab itu, pengujian eksperimental diperlukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biopremium terhadap emisi gas buang pada mesin bensin EFI, khususnya pada variasi putaran mesin.

Biopremium sebagai bahan bakar berbasis bioetanol menawarkan keunggulan berupa sifat terbarukan, kandungan oksigen yang tinggi, serta kemampuan menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan bahan bakar konvensional. Penelitian terkini menunjukkan bahwa penggunaan campuran bioetanol pada mesin bensin mampu menurunkan emisi CO dan HC serta

meningkatkan efisiensi pembakaran [7]. Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada bahan bakar campuran (*blended fuel*) seperti E10 atau E20 dan dilakukan pada kondisi pengujian yang terbatas, seperti pada satu titik putaran atau tanpa analisis komprehensif terhadap seluruh parameter emisi gas buang. Selain itu, kajian yang secara simultan menganalisis pengaruh jenis bahan bakar terhadap lima parameter utama emisi (CO, CO₂, HC, O₂, dan NO_x) pada mesin EFI dengan variasi putaran mesin masih relatif terbatas, khususnya pada konteks penggunaan biopremium sebagai bahan bakar alternatif.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan biopremium terhadap karakteristik emisi gas buang pada mesin bensin EFI Toyota Starlet 1300 cc. Penelitian dilakukan dengan cara menguji mesin pada beberapa variasi putaran, kemudian mengukur parameter emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Widyagama Malang. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit mesin EFI Toyota Starlet 1300 cc sebagai objek uji. Selain itu, digunakan dynamometer untuk mengukur beban atau torsi mesin, tachometer manual dan digital untuk mengetahui putaran mesin, engine analyser berupa timing light untuk membantu pengaturan kondisi mesin, serta exhaust gas analyser untuk mengukur kandungan emisi gas buang. Peralatan pendukung seperti tool kit juga digunakan untuk membantu proses pemasangan, penyetelan, dan pengoperasian mesin selama pengujian berlangsung.

Prosedur penelitian diawali dengan tahap persiapan, yaitu memastikan seluruh komponen mesin uji, alat ukur, dan peralatan pendukung berada dalam kondisi baik dan siap digunakan. Setelah itu, mesin dihidupkan dan dilakukan pengaturan bukaan throttle melalui potensiometer pengatur jumlah udara. Pengaturan ini dilakukan untuk memperoleh variasi putaran mesin yang telah ditentukan, yaitu 800 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm. Pada setiap variasi putaran, mesin dijaga agar bekerja dalam kondisi stabil sebelum dilakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu premium dan biopremium. Pada setiap jenis bahan bakar, mesin diuji pada variasi putaran yang sama. Data yang dicatat meliputi waktu konsumsi bahan bakar, beban atau torsi, serta karakteristik emisi gas buang yang terdiri atas CO, CO₂, HC, O₂, dan Nox [8]. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabel pengamatan untuk masing-masing jenis bahan bakar, sehingga perbandingan antara premium dan biopremium dapat dianalisis secara lebih sistematis. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis bahan bakar yang digunakan, yaitu premium dan biopremium, serta variasi putaran mesin. Sementara itu, variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik mutu emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran. Parameter emisi yang diamati meliputi kandungan karbon monoksida, karbon dioksida, hidrokarbon, oksigen, dan nitrogen oksida. Dengan adanya variasi bahan bakar dan putaran mesin, penelitian ini diharapkan mampu menunjukkan perbedaan karakteristik emisi gas buang yang dihasilkan oleh masing-masing bahan bakar.

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Data yang diperoleh dari setiap variasi pengujian disusun dalam bentuk tabel, kemudian diplot ke dalam grafik untuk melihat kecenderungan perubahan emisi gas buang terhadap variasi putaran mesin dan jenis bahan bakar. Grafik tersebut digunakan sebagai dasar untuk membandingkan pengaruh penggunaan bahan bakar premium dan biopremium terhadap mutu emisi gas buang. Hasil analisis ini selanjutnya digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai kemampuan biopremium sebagai bahan bakar alternatif dalam mengubah atau menurunkan kandungan emisi gas buang tertentu. Secara umum, tahapan penelitian dimulai dari studi literatur dan survei bahan, dilanjutkan dengan desain alat, uji coba alat, pengambilan data, analisis data, penarikan kesimpulan, dan penyusunan hasil penelitian. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah bahwa penggunaan bahan bakar nabati berupa biopremium dapat menyebabkan perubahan pada emisi gas buang, khususnya pada unsur-unsur kimia berbahaya bagi lingkungan serta kemungkinan perubahan warna asap yang dihasilkan dari proses pembakaran.

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian yang diperoleh dari penggunaan bahan bakar biopremium dan premium terlebih dahulu dirata-ratakan berdasarkan variasi putaran mesin. Putaran mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 800 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm. Parameter yang diolah meliputi konsumsi bahan bakar, daya bahan bakar, daya efektif, daya radiasi, daya indikasi, pemakaian bahan bakar spesifik efektif, pemakaian bahan bakar spesifik indikasi, efisiensi thermal efektif, dan efisiensi thermal indikasi. Data rata-rata tersebut kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan performa mesin dan karakteristik emisi gas buang pada masing-masing bahan bakar.

Sebagai contoh perhitungan, digunakan data pada putaran mesin 800 rpm dengan beban atau torsi sebesar 0,5 kgf.m. Pada kondisi tersebut, konsumsi bahan bakar biopremium diperoleh sebesar 83,56 ml dengan waktu pemakaian bahan bakar selama 30,01 detik. Dengan demikian, laju pemakaian bahan bakar dapat dihitung dengan membagi jumlah bahan bakar yang dikonsumsi terhadap waktu pemakaian bahan bakar.

$$FC = \frac{\text{Waktu Bahan Bakar}}{\text{Konsumsi Bahan Bakar}} \quad (1)$$

$$FC = \frac{83,56}{30,01} = 2,7844 \text{ ml/detik}$$

Nilai laju pemakaian bahan bakar tersebut kemudian digunakan untuk menghitung daya bahan bakar. Daya bahan bakar merupakan energi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar setiap satuan waktu. Besarnya daya bahan bakar dihitung berdasarkan laju konsumsi bahan bakar dan nilai kalor bahan bakar atau *lower heating value* (LHV).

$$Nbb = FC \times LHV \quad (2)$$

Dengan nilai LHV sebesar 7892,95 kkal/kg, maka daya bahan bakar dapat dihitung sebagai berikut.

$$Nbb = 2,7844 \times 7892,95$$

$$Nbb = 21,98 \text{ kkal/detik}$$

Selanjutnya nilai tersebut dikonversikan ke dalam satuan kkal/jam dan HP, sehingga diperoleh daya bahan bakar sebesar 68,647 HP pada putaran 800 rpm untuk bahan bakar biopremium. Perhitungan yang sama dilakukan pada variasi putaran 1000 rpm, 1500 rpm, dan 2000 rpm, serta pada bahan bakar premium.

Daya radiasi dihitung sebagai kerugian panas yang terjadi selama proses kerja mesin. Dalam penelitian ini, daya radiasi diasumsikan sebesar 7% dari daya bahan bakar. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Nrad = 7\% \times Nbb \quad (3)$$

Untuk putaran 800 rpm pada bahan bakar biopremium:

$$Nrad = 7\% \times 68,647$$

$$Nrad = 4,8053 \text{ HP}$$

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan mesin berdasarkan torsi dan putaran mesin. Daya ini dihitung dengan menggunakan nilai torsi dan kecepatan sudut mesin. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Ne = (T \times 602\pi n) \times 0,746 \quad (4)$$

Dengan torsi sebesar 0,5 kgf.m dan putaran mesin 800 rpm, maka:

$$Ne = (0,5 \times 602 \times 3,14 \times 800) \times 0,746$$

$$Ne = 31,2325 \text{ HP}$$

Daya indikasi merupakan daya yang diperoleh dari daya bahan bakar setelah dikurangi daya radiasi. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Ni = Nbb - Nrad \quad (5)$$

$$Ni = 68,647 - 4,8053$$

$$Ni = 63,8416 \text{ HP}$$

Setelah nilai daya efektif dan daya indikasi diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan pemakaian bahan bakar spesifik efektif atau SFCE. SFCE menunjukkan banyaknya bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya efektif tertentu. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \quad (6)$$

$$SFCe = \frac{0,002785}{31,2325}$$

$$SFCi = 0,000044 \text{ (kg/detik)/HP}$$

Efisiensi thermal efektif dihitung untuk mengetahui perbandingan antara daya efektif dengan daya bahan bakar. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\eta_e = \frac{Ne}{Nbb} \times 100\% \quad (7)$$

$$\eta_e = \frac{68,647}{31,2325} \times 100\%$$

$$\eta_e = 45,50\%$$

Sedangkan efisiensi thermal indikasi dihitung berdasarkan perbandingan antara daya indikasi dengan daya bahan bakar. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

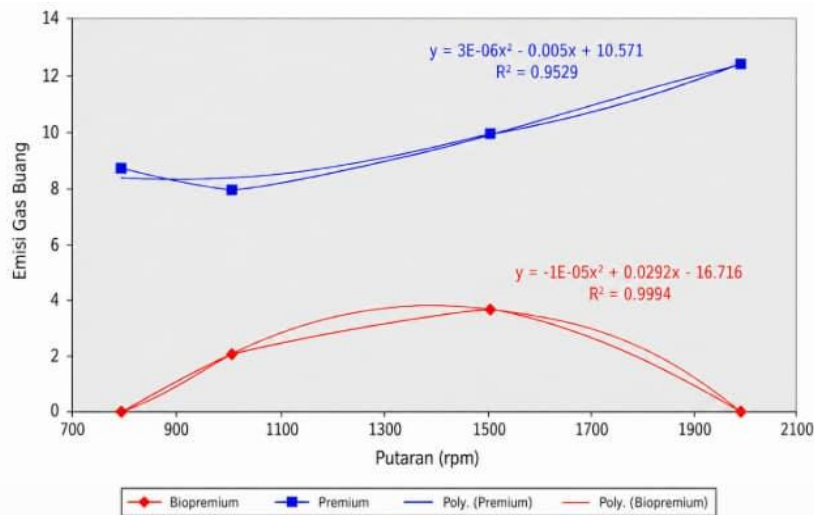
$$\eta_i = \frac{Ni}{Nbb} \times 100\% \quad (8)$$

$$\eta_i = \frac{63,8416}{68,647} \times 100\%$$

$$\eta_i = 93,00\%$$

Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, diperoleh bahwa pada putaran 800 rpm bahan bakar biopremium menghasilkan konsumsi bahan bakar sebesar 83,56 ml, laju pemakaian bahan bakar sebesar 0,002785 kg/detik, daya bahan bakar sebesar 68,647 HP, daya efektif sebesar 31,233 HP, daya radiasi sebesar 4,8053 HP, dan daya indikasi sebesar 63,8416 HP. Nilai SFCe yang diperoleh sebesar 0,000089 kg/detik/HP, SFCi sebesar 0,000044 kg/detik/HP, efisiensi efektif sebesar 45,50%, dan efisiensi indikasi sebesar 93,00%. Perhitungan yang sama kemudian diterapkan pada semua variasi putaran mesin dan pada kedua jenis bahan bakar untuk memperoleh data perbandingan performa mesin secara keseluruhan.

3.1. Hubungan Jenis Bahan Bakar Dengan Variasi Putaran terhadap Emisi Gas Buang (CO₂)

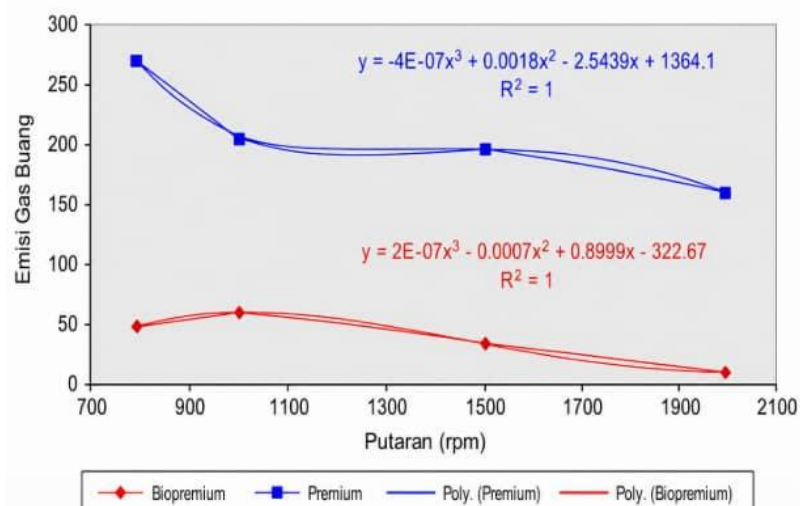


Gambar 1. Grafik hubungan pengaruh jenis bahan bakar dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang CO₂

Berdasarkan grafik hubungan pengaruh bahan bakar dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang CO₂, terlihat bahwa bahan bakar premium yang ditunjukkan oleh garis biru menghasilkan kadar CO₂ lebih tinggi dibandingkan biopremium yang ditunjukkan oleh garis merah pada seluruh variasi putaran mesin.

Pada penggunaan bahan bakar premium, emisi CO₂ pada putaran 800 rpm sebesar sekitar 8,77, kemudian sedikit menurun pada putaran 1000 rpm menjadi 7,97. Setelah itu, emisi CO₂ meningkat kembali pada putaran 1500 rpm menjadi 10,00 dan mencapai nilai tertinggi pada putaran 2000 rpm sebesar 12,27. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, proses pembakaran premium menghasilkan CO₂ yang semakin besar [9]. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan putaran mesin menyebabkan kebutuhan bahan bakar semakin tinggi, sehingga jumlah karbon yang terbakar juga semakin besar dan menghasilkan CO₂ lebih banyak [10]. Sementara itu, pada penggunaan biopremium, emisi CO₂ yang dihasilkan jauh lebih rendah. Pada putaran 800 rpm, emisi CO₂ sebesar 0,00, kemudian meningkat menjadi 2,00 pada putaran 1000 rpm dan mencapai nilai tertinggi sebesar 3,67 pada putaran 1500 rpm. Namun, pada putaran 2000 rpm, emisi CO₂ kembali turun menjadi 0,00. Pola ini menunjukkan bahwa pembentukan CO₂ pada biopremium tidak meningkat secara terus-menerus seperti premium, melainkan mengalami kenaikan pada putaran menengah dan menurun kembali pada putaran tinggi. Perbedaan nilai CO₂ antara premium dan biopremium menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pembakaran dari kedua bahan bakar tersebut. Premium menghasilkan CO₂ lebih tinggi karena kandungan karbon dalam bahan bakar fosil relatif lebih besar, sehingga ketika terjadi pembakaran, karbon yang teroksidasi akan menghasilkan CO₂ dalam jumlah lebih banyak. Sebaliknya, biopremium menghasilkan CO₂ lebih rendah, yang mengindikasikan bahwa emisi karbon dari proses pembakarannya lebih kecil dibandingkan premium.

3.2. Hubungan Jenis Bahan Bakar Dengan Variasi Putaran terhadap Emisi Gas Buang (HC)

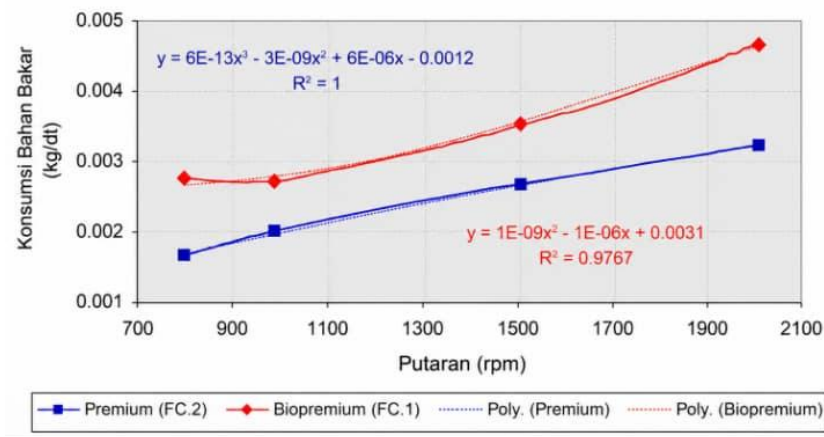


Gambar 2. Grafik hubungan pengaruh jenis bahan bakar dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang HC

Berdasarkan grafik hubungan pengaruh bahan bakar dengan variasi putaran terhadap emisi gas buang HC, terlihat bahwa bahan bakar premium yang ditunjukkan oleh garis biru menghasilkan emisi HC lebih tinggi dibandingkan biopremium yang ditunjukkan oleh garis merah pada seluruh variasi putaran mesin. Pada penggunaan bahan bakar premium, emisi HC pada putaran 800 rpm mencapai nilai tertinggi, yaitu sekitar 264,67. Nilai tersebut kemudian menurun pada putaran 1000 rpm menjadi sekitar 200,33, sedikit turun kembali pada putaran 1500 rpm menjadi sekitar 193,00, dan mencapai nilai terendah pada putaran 2000 rpm sebesar 159,33. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin cenderung menurunkan emisi HC pada bahan bakar premium. Penurunan tersebut dapat terjadi karena pada putaran yang lebih tinggi, temperatur ruang bakar meningkat sehingga proses pembakaran menjadi lebih baik dan sisa hidrokarbon yang tidak terbakar menjadi lebih sedikit [11]. Sementara itu, pada penggunaan biopremium, emisi HC jauh lebih rendah dibandingkan premium. Pada putaran 800 rpm, emisi HC sebesar sekitar 46,67, kemudian meningkat sedikit pada putaran 1000 rpm menjadi 59,67. Setelah itu, emisi HC menurun pada putaran 1500 rpm menjadi 32,67 dan turun lebih besar pada putaran 2000 rpm menjadi 11,33. Penurunan emisi HC pada putaran tinggi

menunjukkan bahwa biopremium mampu menghasilkan pembakaran yang lebih bersih, terutama ketika mesin bekerja pada putaran yang lebih tinggi.

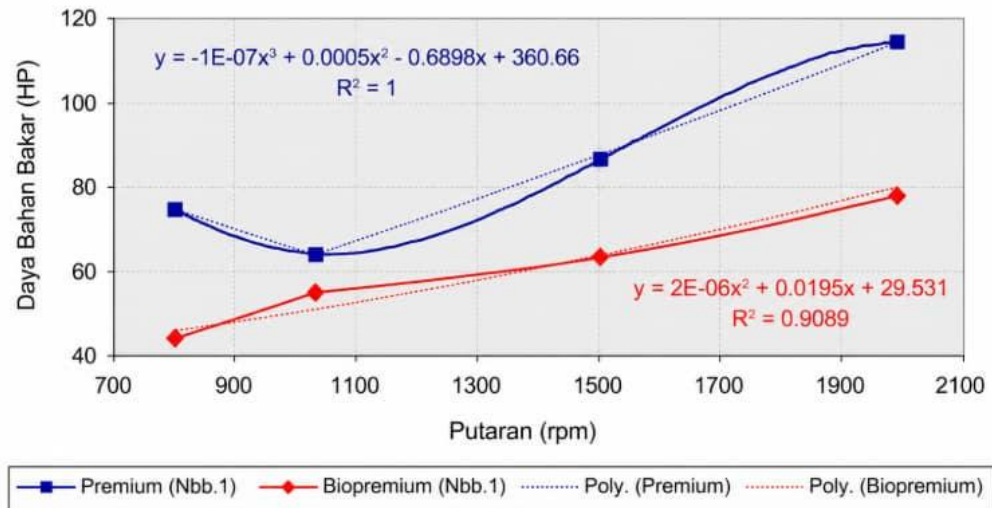
3.3. Hubungan Jenis Bahan Bakar Dengan Variasi Putaran terhadap Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 3. Grafik Hubungan Jenis Bahan Bakar dan Variasi Putaran Mesin terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan grafik hubungan pengaruh bahan bakar dengan variasi putaran terhadap konsumsi bahan bakar, terlihat bahwa konsumsi bahan bakar biopremium yang ditunjukkan oleh garis merah lebih tinggi dibandingkan premium yang ditunjukkan oleh garis biru pada seluruh variasi putaran mesin. Pada penggunaan bahan bakar premium, konsumsi bahan bakar pada putaran 800 rpm sebesar sekitar 0,001741 kg/dt. Nilai ini meningkat menjadi 0,002102 kg/dt pada putaran 1000 rpm, kemudian naik lagi menjadi 0,002697 kg/dt pada putaran 1500 rpm, dan mencapai 0,003242 kg/dt pada putaran 2000 rpm. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, konsumsi bahan bakar premium semakin besar [12]. Hal ini terjadi karena peningkatan putaran mesin membutuhkan suplai bahan bakar yang lebih banyak untuk mempertahankan proses pembakaran dan menghasilkan tenaga. Pada penggunaan biopremium, konsumsi bahan bakar juga menunjukkan kecenderungan meningkat seiring naiknya putaran mesin[13]. Pada putaran 800 rpm, konsumsi bahan bakar biopremium sebesar 0,002785 kg/dt, kemudian sedikit menurun pada putaran 1000 rpm menjadi 0,002598 kg/dt. Setelah itu, konsumsi meningkat menjadi 0,003588 kg/dt pada putaran 1500 rpm dan mencapai nilai tertinggi sebesar 0,004688 kg/dt pada putaran 2000 rpm. Peningkatan konsumsi ini menunjukkan bahwa pada putaran yang lebih tinggi, kebutuhan bahan bakar biopremium juga semakin besar. Perbedaan konsumsi antara premium dan biopremium menunjukkan bahwa biopremium membutuhkan jumlah bahan bakar lebih banyak untuk menghasilkan kerja mesin pada kondisi putaran yang sama. Hal ini dapat disebabkan oleh karakteristik nilai kalor biopremium yang umumnya lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil murni, sehingga mesin memerlukan suplai bahan bakar lebih besar untuk menghasilkan energi pembakaran yang sebanding. Selain itu, sifat fisik bahan bakar seperti volatilitas, densitas, dan kandungan oksigen juga dapat memengaruhi proses pengabutan dan pembakaran di ruang bakar.

3.4. Hubungan Jenis Bahan Bakar Dengan Variasi Putaran terhadap Daya Mesin

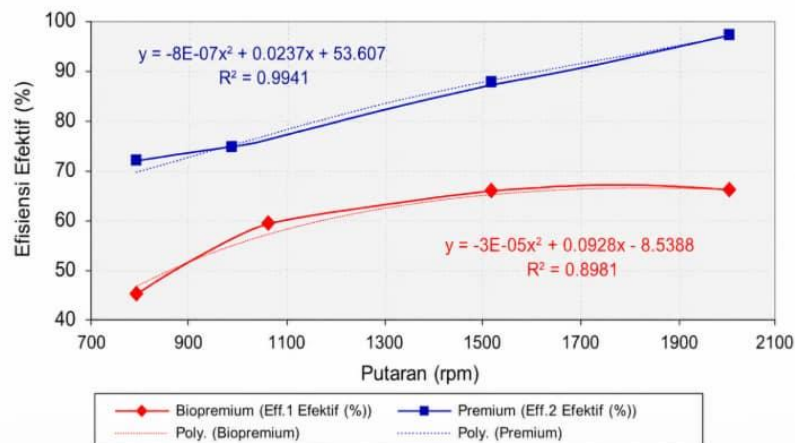


Grafik 4. Hubungan jenis bahan bakar dengan variasi putaran terhadap daya Mesin

Pada penggunaan bahan bakar premium, daya bahan bakar pada putaran 800 rpm sebesar sekitar 68,65 HP, kemudian sedikit menurun pada putaran 1000 rpm menjadi 64,04 HP. Setelah itu, daya bahan bakar meningkat cukup besar pada putaran 1500 rpm menjadi 88,45 HP dan mencapai nilai tertinggi pada putaran 2000 rpm sebesar 115,57 HP. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin secara umum menyebabkan daya bahan bakar premium semakin besar, terutama pada putaran menengah hingga tinggi [12].

Sementara itu, pada penggunaan biopremium, daya bahan bakar juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya putaran mesin. Pada putaran 800 rpm, daya bahan bakar yang dihasilkan sebesar sekitar 42,92 HP, kemudian meningkat menjadi 51,82 HP pada putaran 1000 rpm, 66,49 HP pada putaran 1500 rpm, dan mencapai 79,92 HP pada putaran 2000 rpm. Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, energi yang dihasilkan dari pembakaran biopremium juga semakin meningkat.

3.5. Hubungan Jenis Bahan Bakar dengan Variasi Putaran terhadap Efisiensi Efektif



Pada penggunaan bahan bakar premium, efisiensi efektif pada putaran 800 rpm sebesar sekitar 72,77%, kemudian meningkat menjadi 75,34% pada putaran 1000 rpm. Selanjutnya, efisiensi efektif kembali naik menjadi 88,08% pada putaran 1500 rpm dan mencapai nilai tertinggi pada putaran 2000 rpm sebesar 97,70%. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin mampu meningkatkan efisiensi efektif pada bahan bakar premium [14]. Hal ini dapat terjadi karena pada putaran yang lebih tinggi, daya efektif yang dihasilkan mesin meningkat, sehingga perbandingan antara

daya efektif terhadap daya bahan bakar menjadi lebih besar. Sementara itu, pada penggunaan biopremium, efisiensi efektif juga mengalami peningkatan seiring bertambahnya putaran mesin. Pada putaran 800 rpm, efisiensi efektif biopremium sebesar 45,50%, kemudian meningkat menjadi 60,96% pada putaran 1000 rpm dan 66,20% pada putaran 1500 rpm. Pada putaran 2000 rpm, efisiensi efektif biopremium sedikit meningkat menjadi 67,56%. Pola ini menunjukkan bahwa biopremium tetap mampu meningkatkan efisiensi kerja mesin pada putaran yang lebih tinggi, meskipun peningkatannya tidak sebesar premium.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan biopremium pada mesin EFI Toyota Starlet 1300 cc menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan premium, terutama pada parameter CO₂ dan HC. Emisi CO₂ biopremium berada pada kisaran 0,00–3,67, sedangkan premium 7,97–12,27. Emisi HC biopremium juga lebih rendah, yaitu 46,67–11,33, sedangkan premium 264,67–159,33. Hal ini menunjukkan bahwa biopremium lebih ramah lingkungan dari sisi emisi gas buang. Namun, konsumsi bahan bakar biopremium lebih tinggi dibandingkan premium, yaitu meningkat dari 0,002785 kg/dt menjadi 0,004688 kg/dt, sedangkan premium meningkat dari 0,001741 kg/dt menjadi 0,003242 kg/dt. Efisiensi efektif premium juga lebih tinggi, yaitu 72,77–97,70%, dibandingkan biopremium sebesar 45,50–67,56%. Dengan demikian, biopremium lebih unggul dalam menurunkan emisi, sedangkan premium lebih unggul dalam konsumsi bahan bakar dan efisiensi efektif.

Daftar Pustaka

- [1] E. Soesanto, P. D. Utami, A. Salsabillah, and B. H. Refangga, "Dampak Fluktuasi Harga Minyak Dunia Terhadap Ekonomi Di Indonesia," *SINERGI J. Ris. Ilm.*, vol. 2, no. 1, pp. 231–242, 2025.
- [2] H. W. Sudarwanto, I. W. Utami, R. Asmoro, and A. A. Wulandari, "Bahaya emisi gas buang kendaraan berbahan bakar bensin dan menumbuhkan lingkungan hijau di perkotaan," in *Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi*, 2020, p. 101.
- [3] A. Denara, "Pengaruh Anggaran Lingkungan Dan Transportasi Terhadap Emisi Karbon Dioksida Di Indonesia Dalam Perspektif Ekonomi Islam Tahun 2004-2023," 2025, *UIN Raden Intan Lampung*.
- [4] K. Winangun, "Uji Emisi Penggunaan Bioetanol Dari Tetes Tebu Sebagai Campuran Premium Dengan Oktan Booster Pada Sepeda Motor Yamaha Vega ZR 2009," 2012.
- [5] J. Prihartono, "Perbedaan Pengaruh Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektrik Dengan Dan Tanpa Dilengkapi Sistem Pengaturan Waktu Buka Tutup Katup, Terhadap Peforma Mesin, Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang," *Presisi*, vol. 22, no. 1, pp. 10–17, 2020.
- [6] S. SUKARNO, "Studi pengaruh pencampuran aditif terhadap viskositas biodiesel pada suhu rendah," 2012, *Program Pascasarjana Undip*.
- [7] M. P. Pasaribu, H. Maksum, and T. Sugiarto, "Pengaruh Bioetanol Dari Limbah Kulit Pisang Dengan Campuran Bahan Bakar Sepeda Motor Terhadap Emisi Gas Buang," *JTPVI J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 595–602, 2025.
- [8] R. Robianto, "Analisis Variasi Hole Injektor dan Bahan Bakar Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Matic 4 Tak 110 cc," 2021, *Universitas Ivet*.
- [9] I. Hafizzullah, "Kajian Eksperimental Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium, Peralite Dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor 2 Langkah 135 CC," 2016, *FT UMY*.
- [10] M. Fachri, "Pengaruh Temperatur Udara Terhadap Prestasi Mesin Dan Emisi Gas Buang Mesin Bensin 4-Langkah Tecquipment TD 201 Small Engine Test," 2024.
- [11] A. SETYANTO, "Uji Kinerja Alat Penghemat Bahan Bakar Hydrocarbon Crack System Ganda Terhadap Performa Pada Sepeda Motor Injeksi 110 CC Tahun 2014," 2026, *Universitas Ivet*.

- [12] D. A. Setiawan, L. I. Ansori, D. L. Pater, S. Pambudi, and H. P. Setiawan, "Evaluasi Sistem Dual Fuel Pertalite-LPG pada Mesin Bensin Konvensional: Dampak terhadap Konsumsi Pertalite dan Emisi Gas Buang pada Variasi Putaran Mesin," *Glob. J. Lentera BITEP*, vol. 4, no. 01, pp. 11–17, 2026.
- [13] F. F. Manurung, "Analisis Unjuk Kerja Mesin Dengan Bahan Bakar Kombinasi Premium 88 Dan Pertamina 92 Pada Sepeda Motor 4 Langkah," 2025, *Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara*.
- [14] A. S. Arif, T. W. Ramadhan, and Y. Kurniawan, "Kajian Teoritik Pengaruh Pemasangan Alat Peningkat Kualitas Bahan Bakar terhadap Performa Engine Gasoline," *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 263–271, 2026.