

Evaluasi Perfoma Bahan Bakar Peralite dengan Menambahkan Zat Aditif Menggunakan Metode Spektrofotometri

Ezra Pavitra Trisnata¹, Safira Dzulkarnain², Maizza Zahira Saputra³, Bumi Auralana Ekananda Suprpto⁴, Oksil Venriza^{*5}

^{1,2,3,4,5}Program Studi Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia
Email: ⁵oksil.venriza@esdm.go.id

Abstrak

Penggunaan bahan bakar dengan angka oktan yang tinggi sangat penting dalam menjaga performa mesin dan efisiensi pemakaian energi. Penambahan zat aditif etanol ke dalam bahan bakar Peralite diharapkan dapat meningkatkan nilai oktan Peralite sehingga setara dengan produk Pertamina. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan komposisi kimia pada bahan bakar Peralite setelah dilakukan penambahan etanol menggunakan metode spektrofotometri. Metode ini memungkinkan identifikasi komposisi dan perubahan struktur kimia pada bahan bakar. Selama penelitian, bahan bakar ditambahkan zat aditif etanol dengan konsentrasi 5% dan 10% untuk mengetahui seberapa jauh penambahan etanol mempengaruhi angka oktan pada bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan etanol meningkatkan kandungan senyawa aromatik, air, dan alkohol dalam campuran bahan bakar Peralite. Senyawa aromatik yang lebih tinggi pada campuran Peralite dan etanol mengindikasikan peningkatan angka oktan sebanyak 2,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan aditif etanol pada bahan bakar Peralite dapat menyamakan nilai angka oktan antara Peralite dan Pertamina. Walaupun begitu, diidentifikasinya air dan alkohol pada bahan bakar campuran mengindikasikan peningkatan risiko korosi yang dapat merusak komponen mesin dalam jangka panjang. Peningkatan angka oktan dapat menghasilkan efisiensi dalam pembakaran sehingga mengurangi risiko terjadi knocking pada mesin. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ditarik kesimpulan bahwa penambahan zat aditif etanol pada bahan bakar Peralite dapat meningkatkan nilai angka oktan hingga setara atau lebih dari Pertamina. Meskipun penambahan etanol dapat meningkatkan angka oktan pada pertalite, sifat korosif dari bahan bakar campuran dapat menjadi faktor yang dipertimbangkan dalam implementasi di lapangan.

Kata Kunci: Angka Oktan, Etanol, Korosif, Peralite, Spektrofotometri

Abstract

The octane number of oil is crucial in maintaining engine performance and energy efficiency. The addition of ethanol additives to Peralite is expected to enhance its octane rating, making it comparable to Pertamina. This study aims to analyze the chemical composition changes in Peralite following 5% and 10% ethanol addition using spectrophotometry methods. This method allows the identification of chemical compositions and structural changes in the fuel. During the study, ethanol additives were introduced to Peralite at various concentrations to determine the effect to octane number of the fuel. The analysis revealed that ethanol addition increases the content of aromatic compound, water, and alcohol levels in the Peralite fuel mixture. Higher aromatic compounds in Peralite and ethanol blends indicate a 2.2% increase in octane number. These results indicate the addition of ethanol additives to Peralite can equalize the octane number between Peralite and Pertamina. However, the presence of water and alcohol in the blended fuel indicates an increased risk of corrosion that may damage engine components over the long term. Increased octane number can result in efficiency in combustion, reducing the risk of engine knocking. Based on the results, it is concluded that ethanol additives can increase the octane number of Peralite to be equal or surpass Pertamina. Despite this, the corrosiveness of the blended fuel may be a factor to consider in field implementation.

Keywords: Corrosive, Ethanol, Octane Number, Peralite, Spectrophotometry

1. PENDAHULUAN

Dalam industri minyak dan gas, pengendalian mutu atau biasa disebut *quality control* adalah hal yang krusial karena kualitas produk akhir bahan bakar harus mempertahankan tingkat kualitas produk sesuai dengan standard yang diinginkan (Venriza & Putra Pratama, 2022). Standard ini harus dijaga agar performa pembakaran yang dilakukan oleh kendaraan dapat berjalan dengan optimal. Jika pembakaran dilakukan dengan optimal maka makin sedikit gas buang yang akan dikeluarkan oleh kendaraan sehingga akan berdampak pada pengurangan emisi karbon di lingkungan. Salah satu standard utama pada bahan bakar *gasoline* yang mengindikasikan kemampuan menahan tekanan tanpa terbakar sebelum waktunya (*knocking*) adalah angka oktan. Sehingga meningkatkan angka oktan adalah hal penting untuk mendukung pengoperasian mesin yang lebih halus dan lebih efisien (Firdausy et al., 2024).

Pertalite adalah salah satu jenis bahan bakar jenis *gasoline* yang umum digunakan di Indonesia dengan angka oktan 90, Pertalite menawarkan alternatif yang terjangkau bagi pengguna kendaraan (Simanjuntak et al., 2022). Penambahan zat aditif etanol ke bahan bakar Pertalite dapat meningkatkan performa mesin secara keseluruhan. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan torsi mesin kendaraan sebesar 1,87% (Yakin & Behçet, 2021). Penambahan ini juga menjadikan Pertalite sebagai bahan bakar yang lebih efisien untuk mesin piston standar (Junipitoyo et al., 2023). Studi pencampuran etanol kepada bahan bakar Pertalite dilakukan agar angka oktan pada Pertalite memiliki angka oktan yang setara atau lebih tinggi dari Pertamina yaitu 92 tanpa adanya peningkatan biaya produksi secara signifikan. etanol dipilih karena dapat meningkatkan Angka Oktan Riset dan Angka Oktan Motor (Kareem et al., 2023). salah satu indikator yang diperhatikan untuk mengetahui peningkatan nilai angka oktan pada bahan bakar saat melakukan penelitian kali ini adalah aromatik, aromatik sendiri adalah, salah satu senyawa yang meningkatkan angka oktan bahan bakar bensin standar (Saha, 2023).

Penambahan etanol tidak hanya berpengaruh pada kenaikan angka oktan bahan bakar Pertalite tetapi juga memengaruhi kemungkinan adanya sifat korosif pada bahan bakar. Masalah utama yang dihadapi adalah bagaimana penambahan etanol dalam jumlah tertentu akan memengaruhi struktur molekul dan kandungan kimia pada bahan bakar Pertalite, serta apakah campuran ini dapat mempertahankan kestabilan untuk penggunaan jangka panjang. Identifikasi dampak penambahan etanol pada komposisi bahan bakar ini dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri, Spektrofotometri adalah teknik analisis yang mengukur intensitas cahaya sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometri mengukur penyerapan atau transmisi cahaya dalam larutan sampel, membantu dalam analisis kuantitatif di berbagai bidang (Pungor, 2020). Instrumen yang dipilih pada pengendalian produk kali ini adalah spektrofotometer FTIR (*Fourier-Transform Infrared*) yang dapat mengidentifikasi komponen senyawa pada sampel dengan cepat tanpa merusak sampel tersebut. FTIR juga dipilih menggunakan metode Spektroskopi. Spektroskopi adalah metode yang layak dan akurat untuk mendeteksi metanol dalam gasohol, meningkatkan kontrol kualitas energi bensin di masa mendatang (Xia et al., 2019).

Melalui analisis dengan menggunakan FTIR, diharapkan diperoleh gambaran yang jelas mengenai struktur kimia dan potensi performa dari campuran bahan bakar Pertalite dan etanol. Hasil analisis diharapkan memberikan informasi bagaimana penambahan etanol dapat mempengaruhi kualitas bahan bakar. Temuan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan bahan bakar yang efisien tanpa biaya produksi signifikan.

2. METODE PENELITIAN

Pengendalian produk kali ini dilakukan untuk mengevaluasi hasil dari penambahan zat aditif etanol pada bahan bakar Pertalite menggunakan metode spektrofotometri, penelitian ini menggunakan alat dan bahan berupa: gelas beaker, *syringe*, spektrofotometer *fourier transform infrared* (FTIR) dengan merek ParkinElmer, komputer dengan perangkat lunak FTIR, kuvet, kartu kalibrasi, labu ukur, pipet volumetrik, *magnetic stirrer*, *hotplate stirrer* dan *bulb*. Sementara bahan yang digunakan adalah bahan bakar Pertalite, etanol konsentrasi 96%, dan larutan aseton.

Langkah pertama yang dilakukan pada analisis pertalite kali ini adalah mempersiapkan sampel yang digunakan. Penelitian ini menggunakan dua sampel produk bahan bakar murni Pertalite yang diperoleh

dari stasiun pengisian bahan bakar lokal, yang kemudian disimpan dalam wadah kaca tertutup untuk menghindari terjadinya penguapan dan kontaminasi. Langkah berikutnya pada penelitian ini adalah menambahkan zat aditif etanol kedalam produk bahan bakar pertalite murni dengan konsentrasi 5% dan 10% etanol, Penambahan zat aditif dilakukan dengan teliti menggunakan pipet volumetrik.

Proses pencampuran etanol dengan Pertalite murni dilakukan dengan menggunakan metode pencampuran mekanis (*mechanical mixing*) agar campuran menjadi homogen. Metode pencampuran ini dipilih karena metode pencampuran mekanis dapat menciptakan struktur kontinu dan menggunakan konsumsi energi yang sedikit (Eggl & Schmid, 2022). Proses pencampuran dilakukan menggunakan alat berupa *magnetic stirrer* dan *hotplate stirrer*, Pada proses ini suhu yang digunakan ditingkatkan dari suhu 26°C hingga mencapai 34°C selama 10 menit, Suhu ini digunakan karena emulsi stabil bensin (RON 90)-etanol-air dapat terjadi pada suhu rendah, tetapi penurunan suhu dapat mengakibatkan pemisahan komponennya (Sangian et al., 2023).

Setelah sampel campuran Pertalite murni dan etanol homogen, sampel dibiarkan hingga mencapai suhu ruangan agar lebih mudah untuk dilakukan analisis. Proses analisis dilakukan dengan menggunakan instrument spektrofotometer FTIR (*Fourier-Transform Infrared*), spektrofotometer *Infrared* sering digunakan untuk melakukan identifikasi senyawa berdasarkan spektrum absorpsi yang dihasilkan sampel, sehingga berguna dalam analisis kualitas bahan bakar (Wang et al., 2020), Spektrofotometer FTIR juga berguna dalam analisis panjang rantai H-C dan kandungan aromatik (Lalramnghaka et al., 2023) yang berkaitan dengan nilai angka oktan pada bahan bakar. FTIR bekerja dengan mendeteksi vibrasi ikatan kimia hasil interaksi radiasi inframerah dengan sampel, yang menghasilkan spektrum unik yang diubah menjadi spektrum melalui transformasi *fourier*. FTIR Menggunakan rentang 4.000–400 cm^{-1} , teknik ini mengungkap vibrasi ikatan seperti C-H, O-H, dan N-H di frekuensi tinggi, serta vibrasi kompleks di frekuensi rendah, rentang ini memungkinkan identifikasi gugus fungsi dan analisis komposisi kimia, memberikan data analisis pengendalian produk.

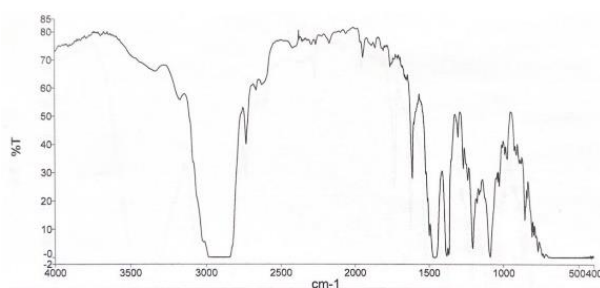
Proses analisis dimulai dengan menyalakan instrument FTIR kemudian membuka perangkat lunak FTIR pada komputer, dilanjutkan dengan melakukan *background scan*, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi FTIR dengan kartu kalibrasi yang diletakan pada *slot* kuvet, setelah itu bersihkan kuvet dan *syringe* menggunakan aseton, kemudian bilas kuvet dengan menggunakan sampel bahan bakar, lalu masukan sampel ke dalam kuvet menggunakan *syringe* dan dilanjutkan dengan memasukan kuvet yang berisikan sampel ke dalam FTIR, setelah itu lakukan pemindaian menggunakan perangkat lunak yang dioperasikan pada komputer, setelah pemindaian selesai cetak hasil analisis spektrum yang diperoleh. Ulangi langkah analisis untuk setiap sampel.

Hasil analisis yang diperoleh kemudian dilakukan analisis menggunakan tabel analisis gugus fungsi. Hal ini penting untuk dilakukan supaya dapat menentukan kandungan senyawa dan struktur kimia pada sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Pertalite Murni

Berikut adalah hasil analisis grafik spektrum FTIR yang menunjukkan kandungan senyawa dan struktur pada sampel bahan bakar murni yaitu Pertalite.



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Pertalite Murni

Berdasarkan analisis bahan bakar Pertalite murni menggunakan FTIR didapatkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 1. dari grafik spektrum FTIR didapatkan hasil indikasi kandungan senyawa berdasarkan rentang panjang gelombang karakteristiknya yang disajikan dalam bentuk tabel

Tabel 1. Hasil Analisa Kandungan Senyawa Campuran Pertalite Murni

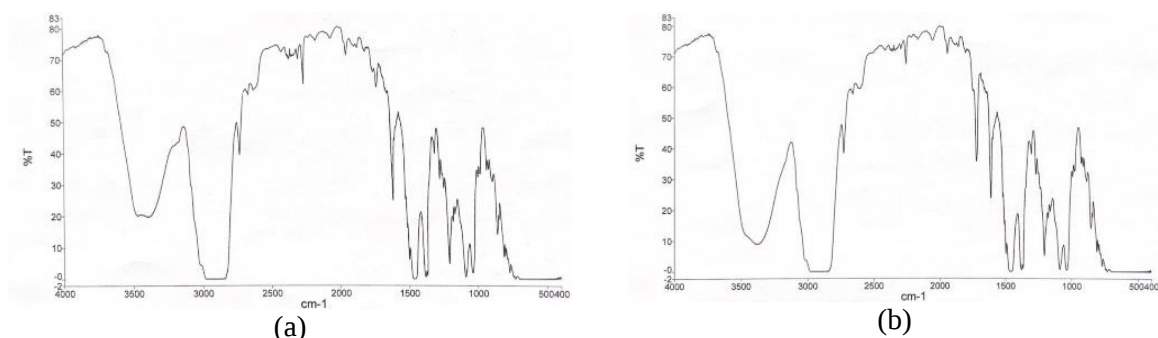
Senyawa	Rentang Panjang Gelombang (cm ⁻¹)
Aromatik	±1680
Alkana	±2860
CH ₂ CH ₃	±2900
Asam Karboksilat	±3000

Tabel 1. menjelaskan mengenai senyawa yang muncul pada spektrum analisis FTIR, seperti senyawa yang aromatik terdeteksi pada panjang gelombang sekitar ±1680 cm⁻¹, sedangkan senyawa alkana terlihat pada panjang gelombang sekitar ±2860 cm⁻¹. Di samping itu, terdapat pula indikasi keberadaan senyawa CH₂CH₃ pada panjang gelombang sekitar ±2900 cm⁻¹, serta senyawa asam karboksilat yang teridentifikasi pada panjang gelombang sekitar ±3000 cm⁻¹.

Kandungan senyawa yang ditemukan pada hasil analisis ini adalah senyawa yang umum ditemukan dalam bahan bakar jenis gasoline murni dan tidak merusak. Senyawa seperti aromatik dalam bahan bakar yang menyebabkan kebersihan ruang bakar pada kendaraan (Semar & Ahadiat, 2022).

3.2. Hasil Analisis Campuran Pertalite dan Etanol

Berikut adalah hasil analisis grafik spektrum FTIR yang menunjukkan kandungan senyawa dan struktur pada sampel bahan bakar campuran Pertalite dan etanol dengan konsentrasi 5% dan 10%.



Gambar 2. a) Hasil Analisis Grafik Campuran Pertalite dan Etanol 5%, b) Hasil Analisis Grafik Campuran Pertalite dan Etanol 10%

Setelah dilakukan analisis bahan bakar campuran Pertalite dengan etanol menggunakan FTIR didapatkan grafik hasil yang ditunjukkan pada Gambar 2.a dan Gambar 2.b. dari grafik spektrum FTIR didapatkan hasil indikasi kandungan senyawa berdasarkan rentang panjang gelombang karakteristiknya yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Hasil Analisa Kandungan Senyawa Campuran Pertalite dan Etanol

Senyawa	Rentang Panjang Gelombang (cm ⁻¹)
Aromatik	±1680
Alkohol, Ester, Eter, HCO ₃	±1740
Alkana	±2860
CH ₂ CH ₃	±2900
Asam Karboksilat	±3000
Amina (N-H)	±3490
Alkohol (ikatan H)	±3500
Air (H ₂ O)	±3500

Tabel 2. menjelaskan mengenai kandungan senyawa yang terindikasi pada campuran Peralite dan Etanol, seperti senyawa aromatik yang terlihat pada rentang panjang gelombang sekitar 1680 cm^{-1} , sedangkan senyawa alkohol ester, eter, dan HCO_3 teramati pada sekitar 1740 cm^{-1} . Pada rentang sekitar 2860 cm^{-1} , terdeteksi adanya senyawa alkana, dan senyawa CH_2CH_3 terlihat pada sekitar 2900 cm^{-1} . Selain itu, pada rentang panjang gelombang sekitar 3490 cm^{-1} terdapat senyawa amina (N-H), sedangkan pada sekitar 3500 cm^{-1} muncul spektrum senyawa alkohol (ikatan H) serta air (H_2O). Terakhir, kandungan senyawa asam karboksilat teridentifikasi pada rentang panjang gelombang sekitar 3000 cm^{-1} .

Dari Tabel 2. Teridentifikasi beberapa kesamaan dan perbedaan pada kandungan senyawa Peralite murni dan campuran Peralite dengan Etanol. Salah satu kesamaan kandungan senyawa pada sampel murni dan campuran adalah ditemukan gugus CH_2CH_3 di rentang dan panjang gelombang yang hampir sama. hal ini dikarenakan gugus CH_2CH_3 adalah salah satu gugus etil pada senyawa organik hidrokarbon. Gugus CH_2CH_3 dapat memengaruhi sifat dari *gasoline* seperti *research octane number* (RON) (Abdul Jameel, 2021) Selain gugus CH_2CH_3 , senyawa aromatik, alkana dan asam karboksilat juga ditemukan pada panjang dan tinggi gelombang yang sama pada sampel murni dan campuran. Asam karboksilat sendiri memberikan efek yang buruk pada performa kinerja bahan bakar karena senyawa ini dapat membuat angka oktan turun dan menyebabkan ketidakstabilan bahan bakar. Asam karboksilat buruk untuk lingkungan karena mengeluarkan faktor emisi dan spesies beracun seperti hidrogen sianida sehingga berkontribusi secara signifikan terhadap polusi asam organik perkotaan (Li et al., 2021).

Saat dilakukan analisis pada Gambar 2.b. didapatkan bahwa senyawa aromatik sampel campuran Peralite dan etanol 10% teridentifikasi memiliki cekungan yang lebih dalam pada panjang gelombang yang mendeteksi aromatik, daripada cekungan yang ditemukan pada sampel Peralite murni. Ini menandakan bahwa konsentrasi aromatik pada sampel bahan bakar campuran Peralite dan etanol 10% lebih tinggi daripada konsentrasi aromatik yang ada pada Peralite murni. Meningkatnya kadar konsentrasi aromatik dapat disebabkan karena saat dilakukan proses pencampuran, penambahan etanol kedalam bensin memperpanjang *droplet life* dan menyebabkan aromatik menguap lebih lambat daripada tanpa etanol (Ratcliff et al., 2019). Hasil ini membuktikan bahwa konsentrasi penambahan zat aditif etanol ke bahan bakar peralite memiliki korelasi dengan konsentrasi aromatik yang diidentifikasi pada sampel, sehingga didapatkan hasil dimana semakin tinggi konsentrasi penambahan zat aditif etanol ke bahan bakar peralite semakin tinggi juga konsentrasi aromatik yang ditemukan pada sampel.

Selain ditemukan kesamaan kandungan senyawa pada sampel bahan bakar murni dan sampel bahan bakar campuran, ditemukan juga beberapa senyawa yang hanya teridentifikasi pada sampel campuran Peralite dengan etanol seperti alkohol ester, eter dan HCO_3 , amina (N-H), alkohol (ikatan H) dan air. Senyawa alkohol yang membentuk ester, eter, atau HCO_3 memiliki perbedaan dengan senyawa alkohol yang membentuk ikatan H yaitu, alkohol yang membentuk ester, eter, atau HCO_3 dalam *gasoline* adalah senyawa alkohol yang sama yang membentuk ikatan hidrogen, sehingga alkohol ini dapat mempengaruhi kelarutan dan interaksi kimia pada *gasoline*, sedangkan ester dalam campuran *gasoline* sendiri dapat memengaruhi sifat-sifat seperti massa jenis, panas pembakaran, dan angka oktan (de Castro Sena et al., 2019). Sementara HCO_3 cenderung menurunkan kualitas bahan bakar dan dapat menyebabkan korosi pada mesin. Munculnya air dan amina juga dapat menurunkan kualitas bahan bakar. Kandungan alkohol, air, dan amina pada sampel bahan bakar campuran yang ditambahkan etanol 10% mempunyai cekungan lebih dalam daripada sampel bahan bakar campuran yang ditambahkan etanol 5% hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.a. Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi alkohol, air dan amina pada bahan bakar campuran memiliki korelasi dengan konsentrasi penambahan etanol pada campuran bahan bakar.

Hasil analisis grafik sampel campuran Peralite dan etanol menunjukkan beberapa temuan penting. Salah satunya adalah konsentrasi senyawa aromatik pada campuran yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar murni. Selain itu, terdeteksi juga keberadaan alkohol yang membentuk ester dan eter. Temuan ini menandakan adanya peningkatan angka oktan pada bahan bakar campuran hingga melebihi angka okta bahan bakar murni. Dengan demikian dapat ditegaskan bahwa penambahan zat aditif etanol pada bahan bakar Peralite dapat meningkatkan angka oktan sebesar 2,2%, dari semula 90

menjadi 92 atau lebih, yang berarti penambahan zat aditif etanol pada Pertaline menghasilkan bahan bakar yang memiliki angka oktan melebihi Pertamina. Hasil ini selaras dengan hasil penelitian (da Silva Jr. et al., 2019) yang mendapatkan hasil bahwa penambahan etanol terhadap bahan bakar meningkatkan angka oktan tetapi tidak secara linear.

Meskipun begitu hasil analisis juga menunjukkan ditemukannya kandungan senyawa alkohol, air, dan alkohol pembentuk HCO_3 pada sampel campuran Pertalite dan zat aditif etanol mengindikasikan bahwa bahan bakar campuran memiliki tingkat korosifitas yang tinggi sehingga dapat berpengaruh buruk pada mesin kendaraan jika bahan bakar campuran digunakan dalam jangka waktu yang panjang.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengendalian produk bahan bakar Pertalite dengan campuran Pertalite yang ditambahkan zat aditif etanol didapatkan temuan penting. Pertama, berdasarkan analisis FTIR terhadap sampel Pertalite yang dicampur dengan etanol ditemukan bahwa jumlah konsentrasi etanol berpengaruh dengan jumlah konsentrasi aromatik dan konsentrasi alkohol, air dan amina pada bahan bakar campuran. Temuan berikutnya yang ditemukan adalah meskipun penambahan etanol menghasilkan kenaikan angka oktan sebesar 2,2%, penambahan ini juga mempengaruhi risiko sifat korosifitas bahan bakar yang meningkat. Dari hasil ini didapatkan kesimpulan bahwa penambahan aditif etanol kepada bahan bakar Pertalite dapat meningkatkan performa bahan bakar terhadap penggunaannya di mesin kendaraan. Meskipun begitu penelitian ini memiliki keterbatasan pada metode spektrofotometri yang tidak dapat mengukur angka oktan secara aktual dan hanya memberikan estimasi perubahan sifat bahan bakar. Selain itu, etanol 96% yang digunakan sebagai aditif mengandung air, sehingga memengaruhi hasil analisis. Penelitian lanjutan dengan metode akurat dan bahan lebih murni diperlukan. Untuk menindaklanjuti hasil yang didapatkan tersebut, diperlukan penelitian dan kajian lebih lanjut mengenai penambahan zat aditif etanol kepada bahan bakar Pertalite untuk menghasilkan bahan bakar yang memiliki angka oktan yang setara atau lebih tinggi dari Pertamina dengan biaya produksi yang tidak signifikan, agar kenaikan angka oktan pada bahan bakar tidak selaras dengan kenaikan risiko korosifitas pada bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Jameel, A. G. (2021). Identification and Quantification of Hydrocarbon Functional Groups in Gasoline Using ^1H -NMR Spectroscopy for Property Prediction. *Molecules*, 26(22), 6989. <https://doi.org/10.3390/molecules26226989>
- da Silva Jr., A., Hauber, J., Cancino, L. R., & Huber, K. (2019). The research octane numbers of ethanol-containing gasoline surrogates. *Fuel*, 243, 306–313. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.068>
- de Castro Sena, S. R., de Barros Neto, E. L., & Pereira, C. G. (2019). Effect of Ethyl Octanoate and Ethyl Oleate on the Properties of Gasoline Fuel Mixture. *Energy & Fuels*, 33(10), 9429–9436. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b01282>
- Eggl, M. F., & Schmid, P. J. (2022). Mixing by stirring: Optimizing shapes and strategies. *Physical Review Fluids*, 7(7), 073904. <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.7.073904>
- Firdausy, M. F. ; Oktavia Salsa Winanda, P., Rafli Ranu, R., Ikhsan, M., & Oksil, V. (2024). Efek Penambahan Acetone pada Produk Pertalite untuk Meningkatkan RON. *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, 2(3), 46–57. <https://doi.org/10.54066/jikma.v2i3.1841>
- Junipitoyo, B., Fahmi Almansyah, M., I.S, R., & Dwi Cahyo, B. (2023). Pengaruh Penambahan Prosentase Ethanol dan Modifikasi Jenis Piston Terhadap Unjuk Kerja Mesin Satu Silinder. *Jurnal Penelitian*, 8(1), 66–74. <https://doi.org/10.46491/jp.v8i1.1359>
- Kareem, A., Ahmed, Z., & Mustafa, S. (2023). Effect of Blending Aromatic and Oxygenates Additives with Fuels to Enhance Fuel Properties. *Passer Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(1), 30–37. <https://doi.org/10.24271/psr.2022.360689.1159>
- Lalramnghaka, J., Thanga, H. H., & Biaktluanga, L. (2023). Evaluation of gasoline fuel quality using FTIR spectroscopy and multivariate technique: a case study in Aizawl city. *Petroleum Science and*

- Technology*, 41(6), 677–699. <https://doi.org/10.1080/10916466.2022.2091596>
- Li, T., Wang, Z., Yuan, B., Ye, C., Lin, Y., Wang, S., Sha, Q., Yuan, Z., Zheng, J., & Shao, M. (2021). Emissions of carboxylic acids, hydrogen cyanide (HCN) and isocyanic acid (HNCO) from vehicle exhaust. *Atmospheric Environment*, 247, 118218. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118218>
- Ratcliff, M. A., Windom, B., Fioroni, G. M., St. John, P., Burke, S., Burton, J., Christensen, E. D., Sindler, P., & McCormick, R. L. (2019). Impact of ethanol blending into gasoline on aromatic compound evaporation and particle emissions from a gasoline direct injection engine. *Applied Energy*, 250, 1618–1631. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.030>
- Saha, D. (2023). Effect of Aniline Derivatives on Auto Ignition of Hydrocarbon Fuels: Mechanistic Insight of Antiknock Activity. *International Scientific Journal of Engineering and Management*, 02(03). <https://doi.org/10.55041/ISJEM00198>
- Sangian, H. F., Pasau, G., Tamuntuan, G. H., Widjaja, A., Purwadi, R., Agnesty, S. Y., Sriana, T., Nurrahman, A., Tuhuloula, A., & Thahir, R. (2023). Analysis of compositions and fuel specifications of the aqueous emulsion fuels of gasoline (RON 90)-ethanol-water in stable emulsions at low temperatures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6 (121)), 22–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272512>
- Semar, D., & Ahadiat, N. (2022). The Influence of Gasoline's Aromatic Content on Engine Combustion Chamber Deposit Forming. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 30(1), 41–48. <https://doi.org/10.29017/SCOG.30.1.973>
- Simanjuntak, J. P., Khaled Ali, A., Eka, D., Bisrul Hapis, T., & Eswanto; (2022). Bioenergy as an Alternative Energy Source: Progress and Development to Meet the Energy Mix in Indonesia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 97(1), 85–104. <https://doi.org/10.37934/arfmts.97.1.85104>
- Venriza, O., & Putra Pratama, D. (2022). The Effect Additives in Avtur for Increasing Electrical Conductivity with Statistical Quality Control Method. *International Journal Of Artificial Intelligence Research*, 6(01), 2579–7298. <https://doi.org/10.29099/ijair.v6i1.377>
- Wang, K., Du, W., & Long, J. (2020). Near-Infrared Wavelength-Selection Method Based on Joint Mutual Information and Weighted Bootstrap Sampling. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(9), 5884–5894. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.2972351>
- Xia, Q., Yuan, L., Chen, X., Meng, L., & Huang, G. (2019). Analysis of Methanol Gasoline by ATR-FT-IR Spectroscopy. *Applied Sciences*, 9(24), 5336. <https://doi.org/10.3390/app9245336>
- Yakın, A., & Behçet, R. (2021). Effect of different types of fuels tested in a gasoline engine on engine performance and emissions. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(66), 33325–33338. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.133>

Halaman Ini Dikosongkan