



Studi penambahan chemical pada produk migas guna mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan proses distribusi

Ahmad Rialdi Rangga Saputra¹, Ardini Nadia Safitri², Hanif Ash-Shiddiq Setiawan³, Reva Karina⁴, Oksil Venriza⁵✉

Program Studi Logistik Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas^(1,2,3,4,5)

Jl Gajah Mada No. 38, Karangboyo, Cepu, Blora, Jawa Tengah, Indonesia 58315

DOI: 10.31004/jutin.v7i4.37668

✉Corresponding author:

[oksil.venriza@esdm.go.id]

Article Info

Kata kunci:
Distribusi;
Etanol;
Lingkungan;
Emisi;
Bahan Bakar

Abstrak

Distribusi bahan bakar selalu berdampak terhadap lingkungan melalui emisi dan residu pembakaran. Studi ini mengevaluasi senyawa hidrokarbon dalam produk migas dengan penambahan etanol untuk meningkatkan angka oktan dan mengurangi emisi. Metode gravimetri untuk mengevaluasi kadar abu, FTIR untuk analisis serapan senyawa organik melalui penyerapan gugus fungsional, dan spektrofotometri UV-Vis untuk mengukur kadar toluena dengan pengukuran absorbansi. Hasil menunjukkan pencampuran etanol dengan biosolar menurunkan kadar abu dari 74,48 mg/L menjadi 64,99 mg/L dengan persentase 9,4%, angka ini menggambarkan efek positif terhadap lingkungan dengan penambahan etanol pada bahan bakar. Sedangkan, analisis UV-Vis menunjukkan kenaikan kandungan toluena untuk menggambarkan kenaikan nilai oktannya, hal ini juga menggambarkan potensi penurunan emisi. Kemudian, dilakukan pencampuran Pertamina-etanol dalam mengidentifikasi peningkatan senyawa oksigenat, seperti alkohol dan ester pada bilangan gelombang 1600 nm. Pada akhirnya penambahan etanol memberikan dampak positif terhadap lingkungan dengan mengurangi emisi dan meningkatkan nilai oktan pada bahan bakar. Namun diperlukan analisis lanjutan terkait dampak lingkungannya.

Abstract

Keywords:
Distribution;
Ethanol;
Environment;
Emissions;
Fuel

The distribution of fuel impacts the environment through emissions and combustion residues. This study evaluates hydrocarbon compounds in petroleum products with ethanol addition to enhance octane ratings and reduce emissions. Gravimetric methods assessed ash content, FTIR analyzed organic compound absorption via functional groups, and UV-Vis spectrophotometry measured toluene levels through absorbance. Results showed ethanol blending with biodiesel reduced ash content from 74.48 mg/L to 64.99 mg/L, a 9.4% decrease, indicating a positive environmental impact. UV-Vis analysis revealed increased toluene content, reflecting higher octane value and potential emission reductions. Additionally, blending Pertamina with ethanol showed increased oxygenated compounds, such as alcohols and esters, at a 1600 nm wavelength. In conclusion, adding ethanol positively affects the environment by reducing emissions and improving octane ratings. However, further analysis is needed to comprehensively assess its environmental impact.

1. PENDAHULUAN

Pengendalian mutu produk migas merupakan elemen krusial dalam industri bahan bakar untuk menjamin bahwa produk akhir memenuhi standar kualitas dan performa yang sesuai. Bahan bakar fosil, terutama minyak bumi dan turunannya, masih menjadi sumber energi utama yang mendukung kebutuhan transportasi dan industri di dunia (Matejicek, 2017). Ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar ini mendorong konsumsi yang terus meningkat. Namun, seiring dengan manfaatnya, distribusi dan pembakaran bahan bakar fosil membawa dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan (Martins et al., 2019). Polusi udara akibat emisi karbon, hidrokarbon, dan senyawa beracun lainnya dari proses pembakaran menjadi ancaman terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Selain itu, residu yang tertinggal dari pembakaran bahan bakar dapat mencemari tanah dan air, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Masalah yang sering terjadi dalam industri transportasi minyak mentah adalah kristalisasi parafin yang membentuk lilin, yang dapat menghambat aliran minyak dalam pipa (Oksil Venriza, 2024). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meminimalkan dampak tersebut, salah satunya adalah penambahan bahan kimia tertentu pada produk migas untuk meningkatkan efisiensi pembakaran sekaligus mengurangi residu. Penambahan etanol memberikan dampak positif pada efisiensi pembakaran melalui peningkatan kandungan oksigen, meskipun dapat memengaruhi stabilitas kimia bahan bakar serta performa mesin (Hey, 2017). Pencampuran etanol dalam bahan bakar dapat memengaruhi kualitas fisikokimia bahan bakar, yang kemudian berdampak pada kinerja mesin kendaraan (Yudistirani et al., 2019).

Studi ini berfokus pada penggunaan aditif seperti etanol dan senyawa lain yang dapat mendukung distribusi bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Penelitian oleh (Setiawan et al., 2022) menunjukkan bahwa pencampuran etanol dapat meningkatkan kadar oksigen dalam bahan bakar, yang berpotensi meningkatkan efisiensi pembakaran tetapi juga mengubah karakteristik fisik dan kimia bahan bakar. Salah satu pendekatan yang telah terbukti efektif dalam mengurangi dampak negatif ini adalah menurunkan kandungan abu dari bahan bakar. Kandungan abu yang tinggi menunjukkan adanya material tak terbakar yang berpotensi menimbulkan residu padat setelah pembakaran. Melalui metode gravimetri, studi ini menunjukkan bahwa campuran bahan bakar seperti biosolar dengan penambahan etanol menghasilkan kandungan abu yang lebih rendah dibandingkan dengan biosolar murni. Penurunan kandungan abu ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pembakaran, tetapi juga mengurangi jumlah residu padat yang dapat mencemari lingkungan. Hasil ini mendukung penerapan etanol sebagai bahan bakar campuran yang lebih berkelanjutan.

Selain itu, senyawa aromatik seperti toluena dalam bahan bakar memainkan peran penting dalam meningkatkan nilai oktan, yang berpengaruh pada peningkatan performa mesin (AIRamadan et al., 2016). Toluena membantu pembakaran yang lebih efisien dengan meningkatkan ketahanan bahan bakar terhadap knocking (detonasi) pada mesin berkompresi tinggi. Namun, kadar toluena yang berlebihan dapat memicu peningkatan emisi hidrokarbon aromatik yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengendalikan kadar toluena dalam bahan bakar agar tetap sesuai dengan batas aman yang ditetapkan oleh standar internasional. Dalam studi ini, spektrofotometri UV-Vis digunakan sebagai metode yang efektif untuk menganalisis kadar toluena dalam Pertalite. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 254 nm, di mana toluena menunjukkan puncak absorbansi yang signifikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan toluena dalam Pertalite dapat dikendalikan dengan baik, sehingga bahan bakar yang dihasilkan tidak hanya efisien tetapi juga lebih aman bagi lingkungan.

Lebih lanjut, penggunaan etanol sebagai aditif tidak hanya berdampak pada kandungan abu, tetapi juga memperkaya komposisi oksigenat dalam bahan bakar (Iodice et al., 2018). Analisis spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) digunakan dalam studi ini untuk mendeteksi perubahan struktur kimia yang terjadi akibat penambahan etanol pada Pertamina. Data spektrum inframerah menunjukkan adanya peningkatan intensitas ikatan hidrogen dan kandungan oksigenat, yang berkontribusi pada proses pembakaran yang lebih bersih dan efisien. Peningkatan kandungan oksigen dalam bahan bakar membantu mengoptimalkan pembakaran, mengurangi emisi gas beracun seperti karbon monoksida dan hidrokarbon tidak terbakar, serta meningkatkan efisiensi energi. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan etanol sebagai aditif tidak hanya memperbaiki performa mesin tetapi juga berpotensi mengurangi dampak lingkungan.

Studi ini menggunakan pendekatan yang komprehensif melalui penerapan metode analisis yang berbeda, yakni gravimetri, spektroskopi FTIR, dan spektrofotometri UV-Vis, untuk mengevaluasi secara menyeluruh dampak penambahan bahan kimia pada produk migas. Penentuan *ash content* memberikan gambaran tentang kandungan material yang tidak dapat terbakar, sedangkan analisis FTIR dan UV-Vis memberikan data yang lebih mendalam terkait perubahan struktur kimia dan kandungan senyawa aromatik seperti toluena. Hasil studi ini membuktikan bahwa kombinasi teknologi dan bahan kimia yang tepat dapat mendukung distribusi bahan bakar yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan performa. Distribusi sendiri adalah aspek kunci dalam manajemen rantai pasokan yang melibatkan pemindahan barang dari pemasok ke pelanggan (Abdullah & Herlina, 2024). Untuk mencapai tujuan manajemen logistik, diperlukan suatu sistem distribusi produk yang baik sehingga produk dapat tersedia pada waktu, tempat, dan jumlah yang tepat sesuai dengan permintaan konsumen (Rahmah & Venriza, 2022). Dengan demikian, studi ini tidak hanya memberikan wawasan teoretis tetapi juga implikasi praktis untuk pengembangan produk migas yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan kebutuhan global untuk mengurangi jejak karbon dan memperbaiki kualitas

lingkungan hidup. Hal ini menjadi sangat relevan mengingat meningkatnya perhatian global terhadap isu perubahan iklim dan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sektor energi, khususnya bahan bakar fosil. Penerapan teknologi yang lebih ramah lingkungan dalam pengolahan dan distribusi produk migas, seperti penggunaan aditif berbasis etanol dan pengendalian kadar senyawa berbahaya, menjadi langkah penting untuk mencapai tujuan keberlanjutan. Selain itu, keberhasilan pengembangan produk migas yang lebih ramah lingkungan dapat berperan sebagai katalisator untuk inovasi lebih lanjut dalam teknologi energi bersih dan efisien, yang akan semakin mendukung transisi energi global.

2. METODOLOGI

Metode gravimetri, spektroskopi FTIR, dan spektrofotometri UV-Vis adalah tiga metode analitik yang digunakan dalam studi ini untuk menilai kandungan hidrokarbon dalam produk migas. Pemilihan masing-masing metode didasarkan pada kemampuannya untuk mengukur komposisi hidrokarbon dari produk bahan bakar yang diuji, serta karakteristik fisik dan kimianya. Metode ini memberikan analisis menyeluruh terhadap konsentrasi senyawa aromatik tertentu, struktur kimia hidrokarbon, dan residu pembakaran, yang membantu dalam memahami sifat bahan bakar serta pengaruh aditif kimia terhadap kualitasnya.

Metode pertama dalam studi ini adalah menggunakan metode gravimetri sesuai dengan standar ASTM D482 untuk menentukan kandungan abu. Metode ini bertujuan untuk menganalisis sisa-sisa yang tidak terbakar pada bahan bakar seperti biodiesel dan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*), untuk mengetahui apakah ada senyawa non-hidrokarbon yang terkandung. Sampel pertama-tama ditimbang menggunakan neraca analitik *Boerco Germany*, kemudian dipanaskan pada suhu tinggi di dalam oven *Hera Therm* untuk membakar komponen yang mudah terbakar. Residu abu dari proses ini kemudian dianalisis lebih lanjut. Sebelum penimbangan akhir, sampel didinginkan di dalam desikator *Duran* untuk mencegah penyerapan kelembaban.

Hasil analisis ini memberikan gambaran mengenai kualitas pembakaran bahan bakar. Kandungan abu yang tinggi menunjukkan adanya komponen yang tidak terbakar yang dapat mempengaruhi performa mesin dan efisiensi pembakaran. Sebaliknya, bahan bakar dengan kandungan abu rendah dianggap lebih bersih dan lebih efisien. Selain itu, studi tentang kandungan abu sangat penting untuk mengetahui potensi pengaruh residu terhadap emisi dan dampak lingkungan, serta membantu dalam pengembangan bahan bakar pembakaran yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Metode kedua dalam studi ini adalah spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk menganalisis struktur kimia senyawa hidrokarbon dalam produk migas sesuai dengan standar ASTM E168. Alat yang digunakan adalah FTIR *PerkinElmer* yang terhubung dengan perangkat lunak analisis untuk memproses data spektrum. Langkah pertama dalam prosedur pengujian adalah menyiapkan sampel *Pertamax* yang dicampur dengan etanol, yang dilakukan dengan menggunakan *syringe*, kuvet, gelas beaker, dan larutan pembersih (asetone). Sampel kemudian dimasukkan ke dalam alat FTIR untuk menghasilkan spektrum inframerah yang menunjukkan ikatan kimia dalam sampel.

Spektrum FTIR yang dihasilkan memberikan informasi penting mengenai ikatan C-H alifatik dan aromatik, perubahan kandungan oksigenat akibat penambahan etanol, serta indikasi keberadaan hidrokarbon tak jenuh. Melalui studi ini, perubahan dalam struktur hidrokarbon yang dapat mempengaruhi stabilitas, pembakaran, dan efisiensi bahan bakar dapat diidentifikasi. Metode ini sangat berguna untuk memantau perubahan kimia dalam bahan bakar akibat penambahan aditif seperti etanol, yang dapat meningkatkan performa pembakaran namun juga memengaruhi sifat-sifat lainnya. Data ini sangat penting untuk mengoptimalkan kualitas bahan bakar dan mendukung pengembangan produk migas yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Metode ketiga yang digunakan dalam studi ini adalah spektrofotometri UV-Vis, yang diterapkan untuk menganalisis kandungan hidrokarbon aromatik seperti toluena, sesuai dengan standar ASTM D841. Alat yang digunakan meliputi spektrofotometer UV-Vis *PerkinElmer*, kuvet, labu volumetrik 10 mL, pipet, dan *syringe*, dengan isooktan sebagai pelarut. Metode analitik dimulai dengan pengenceran bertahap sampel menggunakan isooktan untuk mencapai konsentrasi yang sesuai, diikuti dengan pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 254 nm, yang merupakan puncak penyerapan untuk toluena. Konsentrasi toluena kemudian dihitung dengan membandingkan absorbansi yang terukur dengan larutan standar.

Metode ini memberikan informasi kuantitatif yang sangat akurat tentang jumlah senyawa hidrokarbon aromatik dalam bahan bakar, yang sangat penting untuk menilai kualitas bahan bakar, terutama dalam kaitannya dengan dampaknya terhadap emisi atmosfer dan performa mesin. Dengan mengukur kadar toluena secara tepat, metode ini memungkinkan pemantauan yang lebih baik terhadap komponen berbahaya dalam bahan bakar, serta membantu dalam pengembangan bahan bakar yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil dari studi yang dilakukan secara sistematis menggunakan tiga pendekatan utama, yaitu pengukuran *ash content*, spektroskopi FTIR, dan spektrofotometri UV-Vis. Hasil yang diperoleh menjadi dasar untuk memahami kandungan dan perubahan karakteristik senyawa hidrokarbon dalam bahan bakar setelah ditambahkan etanol dan senyawa lainnya, serta implikasinya terhadap efisiensi pembakaran dan emisi.

A. Evaluasi Kandungan Ash Content

Hasil analisis *ash content* menunjukkan bahwa campuran biosolar dengan etanol (Sampel X) memiliki kandungan residu non-hidrokarbon yang lebih rendah dibandingkan biosolar murni dan FAME. Rincian hasil dari analisisnya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Ash Content

| Nama Produk | Berat Awal | Berat Akhir | Ash Content | Standar Deviasi | Standar Deviasi Relatif |
|---------------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-------------------------|
| BIOSOLAR | 0,8053 | 1,5573 | 75,20 | 0.3942 | 19.71% |
| | 0,8033 | 1,5400 | 73,67 | | |
| | 0,8040 | 1,5497 | 74,57 | | |
| FAME | 0,8200 | 1,603 | 78,30 | 0.9022888 | 45,11444% |
| | 0,8221 | 1,6253 | 80,32 | | |
| | 0,8240 | 1,6271 | 80,31 | | |
| SAMPEL X (BIOSOLAR + ETANOL) | 0,8350 | 1,484 | 64,90 | 0.13282223 | 6.6411115% |
| | 0,8373 | 1,4832 | 64,59 | | |
| | 0,8362 | 1,4909 | 65,47 | | |

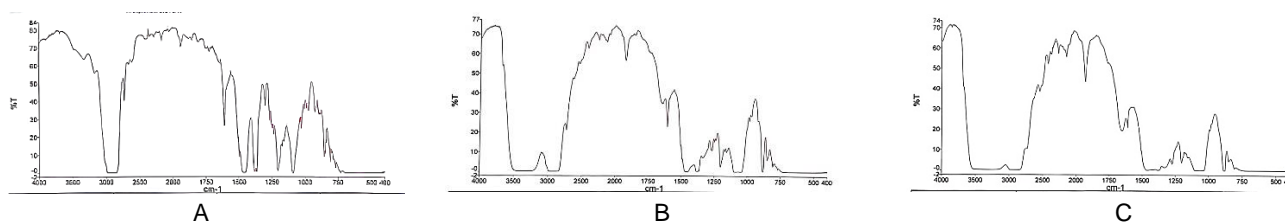
Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengevaluasi dampak penambahan etanol pada biosolar terhadap residu pembakaran (Wu et al., 2021). Hasil pengukuran menunjukkan kadar abu biosolar berada dalam rentang 73,67 mg/L hingga 75,2 mg/L, dengan rata-rata 74,48 mg/L dan deviasi relatif 19,71%. Hal ini mengindikasikan bahwa biosolar memiliki kandungan senyawa hidrokarbon yang relatif stabil, meskipun menghasilkan residu pembakaran yang moderat.

Sebaliknya, FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) menunjukkan kadar abu yang lebih tinggi, yakni antara 78,3 mg/L hingga 80,32 mg/L, dengan deviasi relatif 45,11%. Hal ini menandakan adanya variasi yang lebih besar dalam kandungan hidrokarbon FAME, yang dipengaruhi oleh senyawa anorganik dalam bahan baku nabati. Kandungan hidrokarbon yang tidak homogen pada FAME dapat meningkatkan residu abu yang dihasilkan selama proses pembakaran.

Pada campuran biosolar dan etanol (Sampel X), kadar abu lebih rendah, berkisar antara 64,59 mg/L hingga 65,47 mg/L, dengan rata-rata 64,99 mg/L dan deviasi relatif 6,64%. Konsistensi ini menunjukkan bahwa penambahan etanol dapat memperbaiki kualitas hidrokarbon dengan mengurangi kandungan senyawa anorganik. Kemurnian etanol berkontribusi pada penurunan kadar abu, yang menunjukkan adanya peningkatan kualitas senyawa hidrokarbon dalam campuran tersebut. Penurunan *ash content* pada Sampel X mengurangi residu pembakaran, yang secara langsung menurunkan sisa pembakaran ke udara. Hal ini mendukung pengurangan polusi udara dan dampak negatif terhadap lingkungan, menjadikan bahan bakar lebih ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan.

B. Analisis Hidrokarbon dengan Spektroskopi FTIR

Hasil analisis senyawa hidrokarbon pada produk migas menggunakan FTIR menunjukkan bahwa penambahan etanol ke dalam Pertamina mempengaruhi struktur senyawa hidrokarbon dalam campuran tersebut. Pengaruh ini terlihat dari perubahan spektrum inframerah, khususnya pada keberadaan senyawa hidrokarbon aromatik dan alifatik, serta interaksi ikatan hidrogen dalam campuran. Perubahan ini juga bergantung pada rasio campuran yang digunakan, yang mencerminkan variasi dalam karakteristik hidrokarbon. Rincian hasil analisisnya adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Pengukuran Pertamina Menggunakan FTIR

Hasil analisis FTIR pada gambar 1A yaitu Pertamina murni menunjukkan keberadaan senyawa hidrokarbon aromatik, termasuk senyawa BTX (benzena, toluena, xylene), yang terdeteksi melalui puncak serapan khas di sekitar 1640–1680 cm^{-1} . Kandungan BTX pada Pertamina murni memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan angka oktan, menjadikan bahan bakar ini stabil dan sesuai dengan spesifikasi Dirjen

Migas No. 110.K/MG.01/DJM/2022. Selain itu, gugus C-H pada rentang 2800–3000 cm^{-1} mengindikasikan senyawa hidrokarbon aromatik dan alifatik, yang mendukung kinerja pembakaran.

Pada gambar 1B yaitu campuran 75:25 (Pertamax dan Etanol), hasil FTIR menunjukkan perubahan pada spektrum, terutama peningkatan serapan pada rentang 3000–3600 cm^{-1} , yang mencerminkan interaksi antara senyawa aromatik dan senyawa oksigenat dari etanol. Meski senyawa aromatik, termasuk BTX, masih dominan, penambahan etanol mulai memengaruhi komposisi bahan bakar dengan meningkatkan kandungan oksigenat. Ini membantu meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi polutan aromatik.

Pada gambar 1C yaitu rasio 50:50, senyawa aromatik, termasuk BTX, mengalami penurunan intensitas serapan, menandakan komposisi bahan bakar semakin didominasi oleh senyawa oksigenat dari etanol. Penurunan kandungan BTX memiliki manfaat lingkungan signifikan, seperti berkurangnya emisi senyawa aromatik berbahaya yang dapat mencemari udara dan merusak kesehatan. Namun, berkurangnya BTX dapat mengurangi angka oktan, yang memengaruhi energi spesifik bahan bakar dan efisiensi mesin.

Secara keseluruhan, meskipun penambahan etanol dapat mengurangi dampak lingkungan melalui penurunan emisi BTX, perlu pengendalian mutu dan penyesuaian teknis agar bahan bakar tetap sesuai standar performa dan regulasi yang berlaku.

C. Evaluasi Hidrokarbon terhadap Kandungan Toluena

Hasil analisis komposisi kimia menggunakan UV-Vis menunjukkan bahwa evaluasi kandungan hidrokarbon dalam Peralite difokuskan pada penentuan kadar Toluena. Variasi konsentrasi Toluena teridentifikasi dipengaruhi oleh kondisi sampel, seperti suhu dan interaksi dengan komponen hidrokarbon lainnya. Analisis ini memberikan pemahaman mendalam mengenai peran Toluena sebagai senyawa hidrokarbon aromatik yang memengaruhi kualitas dan performa bahan bakar. Rincian hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Peralite Menggunakan UV-Vis

| Nama | AU (254,00 nm) |
|-------------------------------------|----------------|
| <i>Baseline</i> | 0,0914 |
| <i>Toluene</i> | 0,7017 |
| Peralite Murni | 0,2807 |
| Peralite Suhu | 0,3503 |
| <i>Toluene</i> dalam Peralite Murni | 0,5783% |
| <i>Toluene</i> dalam Peralite Suhu | 0,7216% |

Pada studi ini, dilakukan evaluasi kandungan hidrokarbon dalam produk Peralite dengan fokus pada analisis toluena menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Toluena, sebagai salah satu senyawa hidrokarbon aromatik, menunjukkan puncak absorbansi signifikan pada panjang gelombang 254 nm, yang khas karena adanya ikatan aromatik dalam strukturnya. Prosedur analisis dilakukan dengan menggunakan N-Heptan sebagai baseline dengan nilai absorbansi 0,0914, serta Isooctane sebagai pelarut untuk pengenceran bertahap. Pendekatan ini dirancang untuk memastikan pengukuran yang presisi dan dapat diandalkan, sehingga memberikan gambaran jelas mengenai kadar toluena dalam Peralite.

Sampel Peralite dianalisis dalam lima tahap pengenceran, baik dalam kondisi murni maupun setelah dipanaskan hingga suhu 40°C untuk mensimulasikan pengaruh termal terhadap kandungan hidrokarbon. Hasil pengukuran absorbansi menunjukkan bahwa Peralite murni memiliki nilai 0,2807, sementara pada kondisi panas meningkat menjadi 0,3503. Dari hasil ini, konsentrasi toluena dihitung sebesar 0,5783% untuk Peralite murni dan 0,7216% pada sampel yang dipanaskan. Peningkatan konsentrasi toluena setelah pemanasan menunjukkan adanya perubahan sifat volatilitas dan interaksi senyawa toluena dengan hidrokarbon lainnya dalam campuran bahan bakar, yang dapat berdampak pada karakteristik kinerja bahan bakar.

Hasil penelitian ini konsisten dengan data BTEX yang dilaporkan oleh Sucahyo (2018), yang mencatat kadar rata-rata toluena dalam Peralite sebesar 1,18%. Meskipun konsentrasi yang terukur lebih rendah, nilainya masih berada dalam batas wajar dan sesuai dengan standar industri. Analisis ini membuktikan keandalan metode UV-Vis berdasarkan standar ASTM D841-19 dalam menentukan kadar toluena dengan akurasi tinggi untuk konsentrasi dalam rentang 0,2% hingga 0,8%. Metode ini menawarkan solusi yang efektif dalam mengevaluasi kandungan hidrokarbon pada produk migas, mendukung pengendalian mutu yang lebih baik dalam proses produksi dan distribusi bahan bakar.

D. Dampak terhadap Lingkungan

Berdasarkan hasil pembahasan pada tiga metode analisis (*Ash Content*, FTIR, dan UV-Vis), dapat disimpulkan bahwa variasi kandungan hidrokarbon dalam bahan bakar memberikan dampak yang signifikan terhadap lingkungan, terutama dalam konteks emisi polutan dan efisiensi pembakaran. Hasil analisis *ash*

content menunjukkan bahwa penambahan etanol pada biosolar (Sampel X) secara signifikan mengurangi kadar abu, rata-rata menjadi 64,99 mg/L, dibandingkan dengan biosolar murni dan FAME. Penurunan ini menghasilkan residu pembakaran yang lebih sedikit, mengurangi sisa pembakaran yang mencemari udara dan mendukung kualitas lingkungan yang lebih baik. Dampak ini juga membantu mengurangi akumulasi abu pada tanah dan air, sehingga mengurangi risiko pencemaran lingkungan secara keseluruhan.

Analisis FTIR mengungkapkan bahwa penambahan etanol pada Pertamina menurunkan kandungan senyawa aromatik, termasuk BTX. Pada campuran dengan rasio 50:50, intensitas serapan BTX berkurang, menunjukkan potensi penurunan emisi senyawa aromatik berbahaya ke atmosfer. Penurunan BTX memberikan manfaat signifikan terhadap lingkungan, terutama dalam mengurangi risiko kesehatan akibat sifat karsinogenik dan toksisitas BTX.

Hasil analisis UV-Vis terhadap toluena dalam Pertamina menunjukkan adanya peningkatan volatilitas dan emisi aromatik saat bahan bakar dipanaskan, meskipun masih dalam batas wajar. Secara keseluruhan, penambahan etanol pada bahan bakar menunjukkan potensi besar untuk mengurangi dampak lingkungan melalui emisi yang lebih rendah dan pembakaran yang lebih efisien. Namun, rasio campuran bahan bakar perlu diatur dengan hati-hati untuk memastikan kualitas dan efisiensi tetap sesuai standar, sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan.

Dengan demikian, penerapan bahan bakar dengan campuran *chemical* ini mendukung upaya global untuk mengurangi dampak lingkungan dari sektor energi, sesuai dengan agenda keberlanjutan dan regulasi energi yang ramah lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan tiga pendekatan utama, yaitu pengukuran *ash content*, spektroskopi FTIR, dan spektrofotometri UV-Vis, dapat disimpulkan bahwa, analisis *ash content* mengungkapkan bahwa hasil pencampuran etanol dengan biosolar menurunkan kadar abu dengan presentase hingga 9,4%, hasil ini menunjukkan efek positif terhadap lingkungan dengan penambahan etanol pada bahan bakar. Selanjutnya, hasil FTIR menunjukkan bahwa penambahan etanol pada Pertamina menurunkan kandungan senyawa aromatik dan meningkatkan kandungan senyawa oksigenat. Selain itu, evaluasi UV-Vis terhadap Pertamina mengindikasikan bahwa penambahan toluena memengaruhi kenaikan kandungan toluena yang menyebabkan kenaikan nilai oktan pada bahan bakar, hal ini juga menggambarkan potensi penurunan emisi. Dapat disimpulkan bahwa penambahan etanol pada bahan bakar tidak hanya meningkatkan efisiensi pembakaran tetapi juga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan. Oleh karena itu, inovasi seperti ini menjadi langkah penting menuju lingkungan yang lebih bersih, sehat, dan berkelanjutan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Program Studi Logistik Minyak dan Gas yang telah memberikan fasilitas dan lingkungan akademik yang mendukung, serta kepada dosen pengampu atas bimbingan dan arahan yang sangat berarti dalam proses penelitian ini. Semua dukungan ini menjadi faktor penting dalam keberhasilan jurnal ini, dan semoga kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan berlipat dari Tuhan Yang Maha Esa. Terima kasih.

6. REFERENCES

- Abdullah, A. N. A., & Herlina, H. (2024). Optimalisasi Pendistribusian Garam Guna Meminimasi Biaya Pengiriman (Studi Kasus : PT JMU). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(3), 1389–1396. <https://doi.org/10.31004/jutin.v7i3.27700>
- AlRamadan, A. S., Sarathy, S. M., Khurshid, M., & Badra, J. (2016). A blending rule for octane numbers of PRFs and TPRFs with ethanol. *Fuel*, 180, 175–186. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.04.032>
- Hey, R. B. (Ed.). (2017). Appendix D - Operational Performance Health Checker Example. In *Performance Management for the Oil, Gas, and Process Industries* (pp. 679–682). Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810446-0.15004-2>
- Iodice, P., Langella, G., & Amoresano, A. (2018). Ethanol in gasoline fuel blends: Effect on fuel consumption and engine out emissions of SI engines in cold operating conditions. *Applied Thermal Engineering*, 130, 1081–1089. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.11.090>
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. (2019). Analysis of Fossil Fuel Energy Consumption and Environmental Impacts in European Countries. *Energies*, 12(6), 964. <https://doi.org/10.3390/en12060964>
- Matejcek, L. (2017). Energy from Fossil Fuels: Digital Mapping of Sources and Environmental Issues. In *Assessment of Energy Sources Using GIS* (pp. 111–164). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52694-2_4
- Oksil Venriza, C. R. W. (2024). Optimization of Crude Oil Transmission Process by Installing Electric Heat Tracing in Off-Plot Piping. 47(3), 231–242.
- Rahmah, A., & Venriza, O. (2022). Pengoptimalan Distribusi Bbm Sebagai Akibat Pengaruh Tol Baru Di

- Palembang Pada Depot a Dan B. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral*, 2(1), 716–725. <https://doi.org/10.53026/sntem.v2i1.934>
- Setiawan, N. D. C., Prasetyo, D. H. T., & Wahyudi, D. (2022). Pengaruh generator HHO dan etanol terhadap performa dan emisi gas buang mesin bensin. *Dinamika Teknik Mesin*, 12(2), 144. <https://doi.org/10.29303/dtm.v12i2.518>
- Wu, G., Ge, J. C., & Choi, N. J. (2021). Effect of Ethanol Additives on Combustion and Emissions of a Diesel Engine Fueled by Palm Oil Biodiesel at Idling Speed. *Energies*, 14(5), 1428. <https://doi.org/10.3390/en14051428>
- Yudistirani, S., Yudistirani, S. A., Mahmud, K. H., Ummay, F. A., & Ramadhan, A. I. (2019). Analisa Performa Mesin Motor 4 Langkah 110Cc Dengan Menggunakan Campuran Bioetanol-Pertamax. *Jurnal Teknologi*, 11(1), 85–90. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/3889>