

Verifikasi Pengujian *Density* Biosolar dan *Flash Point* Minyak Bakar dengan Evaluasi *Repeatability* dan *Reproducibility* Menggunakan Uji Anova *Single Factor*

Hilda Zahir Tsanisiwi*, Amelia Syahrani
Universitas Diponegoro, Semarang

INFORMASI NASKAH

Diterima : 23 Oktober 2025
Direvisi : 21 Februari 2026
Disetujui : 31 Maret 2026
Terbit : 31 Maret 2026

Email korespondensi:
hildazahir94@gmail.com

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
sp/2026-1/1607](https://doi.org/10.37525/sp/2026-1/1607)

ABSTRAK

Jaminan kualitas dalam pengujian produk minyak bumi, terutama untuk *Density* Biosolar dan Titik Nyala Minyak Bakar, memiliki peranan penting dalam pengawasan kualitas di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa ketepatan dan konsistensi metode pengujian kedua parameter tersebut dengan menganalisis keterulangannya serta perbedaan hasil melalui metode statistik. Pengujian dilakukan secara berulang pada sampel Biosolar B-35 dan Minyak Bakar sesuai dengan ketentuan ASTM D4052 dan ASTM D93. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analisa *Anova Single Factors* dengan bantuan Microsoft Excel. Hasil evaluasi intralaboratory menggunakan metode korelasi dan analisis *ANOVA single factor* menunjukkan nilai F-hitung densitas biosolar sebesar 7,261 dengan p-value 0,0195, sedangkan untuk flash point minyak bakar diperoleh nilai F-hitung sebesar 0,435 dengan p-value 0,522. Kedua metode pengujian telah terbukti dapat diimplementasikan secara konsisten oleh personil yang kompeten dengan minimal dua operator yang berbeda dalam kondisi laboratorium yang terkontrol, memenuhi persyaratan presisi dan akurasi standar ASTM serta ISO/IEC 17025:2017.

Kata kunci: *Anova Single Factors*, *Density*, *Flash Point*, *Repeatability*, *Reproducibility*

PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi diwajibkan untuk menjamin kualitas produk bahan bakar melalui pengujian laboratorium yang memenuhi standar ketat, seperti ASTM dan SNI. Dalam konteks ini, keandalan hasil pengujian tidak hanya bergantung pada peralatan yang canggih, tetapi juga pada metodologi ujinya, presisi, dan akurasi. Presisi dalam pengujian laboratorium merujuk pada tingkat kedekatan atau konsistensi hasil pengukuran yang diperoleh ketika pengujian dilakukan berulang kali pada sampel yang sama dengan kondisi yang relatif sama, sementara akurasi merujuk pada tingkat kedekatan antara hasil pengukuran dengan nilai rujukan atau nilai sebenarnya dari parameter yang diuji. Kegagalan dalam verifikasi, terutama presisi yang diukur melalui *repeatability* (variasi oleh satu operator) dan *reproducibility* (variasi hasil antar operator) dapat mengakibatkan keputusan verifikasi yang salah, merugikan secara ekonomi dan berpotensi meningkatkan risiko operasional (Yudandhiss dkk., 2022).

Density merupakan parameter fundamental yang menentukan massa per unit volume bahan bakar pada suhu tertentu (Syauqi, 2025). Metode ASTM D1298-12b menggunakan hidrometer untuk menentukan densitas, densitas relatif, atau API *gravity* dari *petroleum* mentah dan produk *petroleum* cair termasuk biosolar. Prinsip kerja metode ini berdasarkan hukum Archimedes di mana hidrometer akan tenggelam dalam cairan sampai mencapai kesetimbangan sesuai dengan densitas cairan tersebut (American Petroleum Institute, 1982).

Pengujian *flash point* merupakan parameter keselamatan kritis yang menentukan suhu terendah di mana uap dari bahan bakar cair dapat terbakar ketika terpapar sumber api dalam kondisi pengujian standar (Mulyani dkk., 2022). Metode ASTM D93 menggunakan alat Pensky-Martens *Closed Cup Tester* yang merupakan standar internasional untuk pengujian *flash point* produk *petroleum* termasuk minyak bakar (Nisah & Maharani, 2022). Prinsip pengujian ini melibatkan pemanasan sampel secara bertahap dalam cup tertutup sambil melakukan penyalaan berkala hingga terjadi *flash* yang dapat diamati (ASTM Internasional, 2016).

Analisis varians satu arah (*one-way ANOVA*) merupakan salah satu metode statistik yang paling sering digunakan dalam penelitian, khususnya untuk membandingkan rata-rata dari tiga kelompok atau lebih yang saling independen (Kim, 2017). ANOVA menggunakan statistik F, yang merupakan rasio antara varians antar kelompok (*between group variance*) dan varians dalam kelompok (*within group variance*). Meskipun fokus utama analisis adalah pada perbedaan rata-rata kelompok, ANOVA justru berfokus pada perbedaan varians. Prosedur uji ANOVA satu arah membandingkan variasi observasi antar sampel (*sum of squares for groups*, SSC) dengan variasi dalam sampel (*sum of squares for error*, SSE) (Ostertagová & Ostertag, 2013). Secara keseluruhan, penerapan ANOVA satu arah dalam verifikasi pengujian laboratorium memungkinkan evaluasi sistematis terhadap *repeatability* melalui analisis varians dalam kelompok dan *reproducibility* melalui analisis varians antar kelompok. Metode ini memberikan pendekatan statistik untuk memvalidasi bahwa metode pengujian laboratorium menghasilkan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan (Yudandhiss dkk., 2022).

Biosolar adalah jenis bahan bakar alternatif yang diperoleh dari proses transesterifikasi minyak sayur atau lemak hewan. Sebagai respon terhadap dampak buruk lingkungan yang ditimbulkan oleh bahan bakar fosil, biosolar hadir sebagai pilihan ramah lingkungan. Ini telah menjadi sorotan global sebagai opsi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil sekaligus menangani masalah lingkungan (Salsabillah, dkk., 2024).

Minyak bakar adalah bahan bakar jenis residu hasil penyulingan minyak bumi yang memiliki kekentalan tinggi dan warna gelap atau hitam pekat, biasa dikenal juga sebagai *fuel oil* atau *Marine Fuel Oil* (MFO) (Nisah & Maharani, 2022). Minyak bakar ini memiliki kandungan sulfur yang bervariasi tergantung jenisnya, dengan viskositas yang dapat mencapai hingga 380 cSt pada suhu 50°C (Yudandhiss dkk., 2022), dan pemilihan jenis minyak bakar disesuaikan dengan kebutuhan mesin dan aspek ekonomis industri. Penggunaan minyak bakar dalam alat proses industri sangat penting untuk menjamin kestabilan operasional dan efisiensi energi di berbagai sektor industri.



Penelitian-penelitian sebelumnya di PPSDM Migas Cepu dan laboratorium minyak bumi lainnya telah menunjukkan pentingnya verifikasi metode pengujian untuk memastikan konsistensi hasil. Yudandhiss, dkk. (2022) melakukan jaminan mutu pada pengujian Pour Point ASTM D-97, Flash Point ASTM D-93, dan Viskositas Kinematik ASTM D-445 di Laboratorium Minyak Bumi PPSDM Migas Cepu dan berhasil membuktikan bahwa metode-metode tersebut konsisten dan memenuhi persyaratan presisi. Syauqi (2025) dalam analisis kualitas biosolar berdasarkan sifat korosi menemukan bahwa parameter kualitas biosolar sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan dan komposisi campuran. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kuantitatif yang lebih komprehensif melalui pendekatan ANOVA *single factor* untuk mengevaluasi secara simultan *repeatability* dan *reproducibility* dua metode pengujian berbeda (densitas dan flash point) yang belum pernah dilakukan secara bersamaan di laboratorium PPSDM Migas Cepu.

METODE PENELITIAN

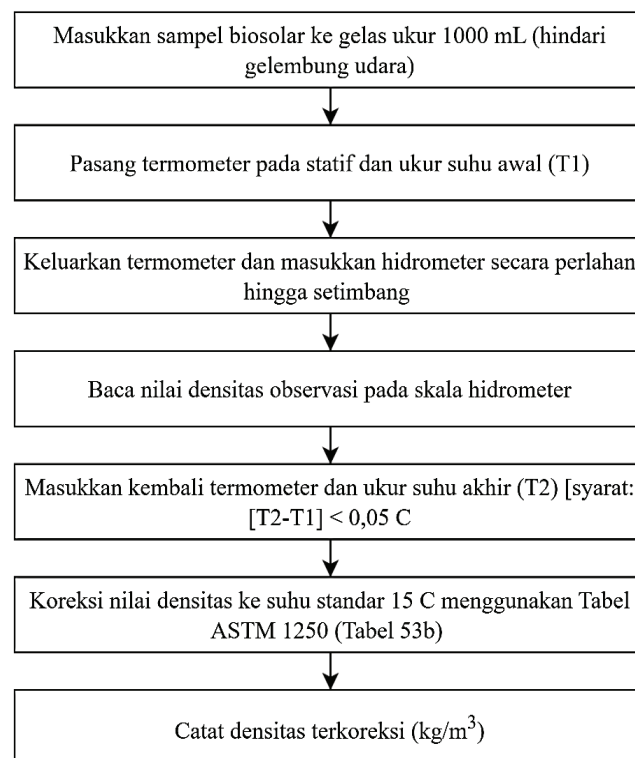
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Dasar Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Pengujian densitas dilakukan pada 17-18 September 2025, sedangkan pengujian flash point dilaksanakan pada 23-26 September 2025.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis bahan bakar: (1) sampel solar campuran biodiesel B-35, yaitu bahan bakar alternatif hasil transesterifikasi minyak nabati dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 170.K/HK.02/DJM/2023 mengenai standar biosolar B-35; dan (2) minyak bakar (*Marine Fuel Oil*/MFO) yang merupakan bahan bakar jenis residu hasil penyulingan minyak bumi yang memiliki kekentalan tinggi dan warna gelap atau hitam pekat. Kedua jenis sampel berasal dari sumber yang sama dan homogen untuk memastikan konsistensi dalam evaluasi.

A. Prosedur Pengujian

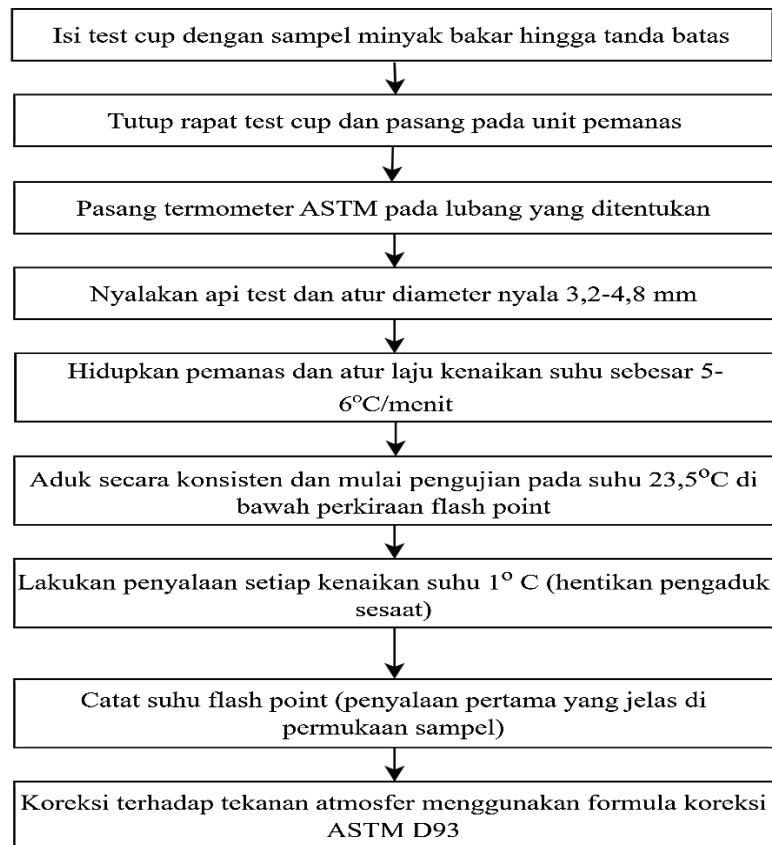
Pengujian densitas biosolar dilakukan mengikuti diagram alir berikut:

[Flowchart Pengujian Densitas Biosolar - ASTM D1298-12b]



Gambar 1. Flowchar Pengujian Densitas Biosolar – ASTM D1298-12b

Pengujian *flash point* minyak bakar dilakukan mengikuti diagram alir berikut:



Gambar 2. Flowchart Pengujian Flash Point Minyak Bakar – ASTM D93-16a

Evaluasi statistik dilakukan menggunakan ANOVA *Single Factor* dengan Microsoft Excel, mengikuti prosedur ISO 5725-2:2019 untuk penentuan *repeatability* dan *reproducibility*. Pengujian dilakukan oleh dua operator berbeda (Amelia dan Hilda) masing-masing sebanyak tujuh kali pengulangan untuk memenuhi persyaratan minimum statistik dan menghasilkan distribusi data yang representatif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Uji *Density*

1. Evaluasi *Repeatability*

Pengujian densitas biosolar dilakukan tujuh kali pengulangan dengan jeda waktu 1 jam/uji oleh operator yang sama (Amelia) pada tanggal 17 September 2025. Pengulangan sebanyak 7 kali dilakukan sesuai rekomendasi ISO 5725-2:2019 yang mensyaratkan minimal 7 ulangan dalam satu sesi untuk memperoleh estimasi presisi statistik valid. Data pengujian yang tersaji pada Tabel 1. memperlihatkan nilai densitas pada suhu standar 15°C berkisar antara 846,5 hingga 847,08 kg/m³ dengan rentang variasi sebesar 0,58 kg/m³.

Tabel 1. Data Pengujian Densitas Biosolar *Repeatability* (Amelia, 17 September 2025)

Tanggal	Percobaan	T_1 °C	Density Obs	T_2 °C	Density 15°C
17/09/2025	I	28	837,5	28	846,5
17/09/2025	II	28,6	837,6	28,6	846,98
17/09/2025	III	28,8	837,5	28,8	847,04



17/09/2025	IV	29	837	29	846,7
17/09/2025	V	29,2	837	29,2	846,78
17/09/2025	VI	29,6	837	29,6	847,08
17/09/2025	VII	29,6	837	29,6	847,08
Rata-rata			837,22		846,88

Analisis *repeatability* menunjukkan bahwa semua hasil pengukuran berada dalam batas yang ditetapkan oleh standar ASTM D1298-12b yang mensyaratkan selisih maksimal antar pengukuran berturut-turut tidak lebih dari 0,5 kg/m³. Pengamatan terhadap pola data mengindikasikan bahwa perbedaan terbesar terjadi antara percobaan pertama dan ketiga dengan selisih 0,54 kg/m³, yang meskipun sedikit melebihi batas ideal, masih dapat dikategorikan dalam rentang toleransi mengingat faktor pembulatan dan sensitivitas pembacaan hidrometer. Nilai standar deviasi yang diperoleh sebesar 0,224 kg/m³ menunjukkan dispersi data yang sangat kecil, mengonfirmasi tingkat presisi yang tinggi dari metode pengukuran dan konsistensi operator dalam melaksanakan prosedur standar.

2. Evaluasi *Reproducibility*

Evaluasi *reproducibility* dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari dua operator berbeda menggunakan metode yang identik pada sampel yang sama. Data yang disajikan pada Tabel 2. dan Tabel 3. menunjukkan karakteristik pengukuran masing-masing operator dengan pola variabilitas yang berbeda.

Tabel 2. Data Pengujian Densitas Biosolar *Reproducibility* (Amelia)

Tanggal	Percobaan	T_1 °C	Density Obs	T_2 °C	Density 15°C
17/09/2025	I	28	837,5	28	846,5
17/09/2025	II	28,6	837,6	28,6	846,98
17/09/2025	III	28,8	837,5	28,8	847,04
17/09/2025	IV	29	837	29	846,7
17/09/2025	V	29,2	837	29,2	846,78
17/09/2025	VI	29,6	837	29,6	847,08
17/09/2025	VII	29,6	837	29,6	847,08
Rata-rata			837,22857		846,88

Tabel 3. Data Pengujian Densitas Biosolar *Reproducibility* (Hilda)

Tanggal	Percobaan	T_1 °C	Density Obs	T_2 °C	Density 15°C
18/09/2025	I	28	837,5	28	846,5
18/09/2025	II	28,1	837,5	28,1	846,54
18/09/2025	III	28,6	837	28,6	846,38
18/09/2025	IV	28,8	837	28,8	846,54
18/09/2025	V	28,8	837,5	28,8	847,04
18/09/2025	VI	29	836	29	845,7
18/09/2025	VII	28,8	836,5	28,8	846,04
Rata-rata			837		846,39

Perbandingan hasil pengukuran menunjukkan bahwa operator pertama (Amelia) menghasilkan nilai rata-rata densitas 846,88 kg/m³, sementara operator kedua (Hilda) memperoleh rata-rata 846,39 kg/m³. Selisih rata-rata antara kedua operator sebesar 0,49 kg/m³ berada dalam batas *reproducibility* yang ditetapkan ASTM D1298-12b yaitu maksimal 1,2 kg/m³, mengonfirmasi bahwa metode pengujian memiliki *reproducibility* yang memadai. Perbedaan varians yang teramati antara kedua operator menunjukkan karakteristik pengukuran yang berbeda, dimana operator Amelia menunjukkan konsistensi

yang lebih tinggi dengan dispersi data yang lebih kecil, sementara operator Hilda menunjukkan variabilitas yang sedikit lebih besar. Dengan demikian, kedua operator menghasilkan data yang secara keseluruhan konsisten dan berada dalam rentang spesifikasi biosolar.

3. Analisis Statistik *Anova Single Factors*

Tabel 4. Anova Single Factors Densitas Biosolar

SUMMARY						
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Density 15°C	7	5928.16	846.88	0.0504		
Density 15°C	7	5924.74	846.39143	0.179714286		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.8354571	1	0.8354571	7.261236653	0.0195008	4.7472253
Within Groups	1.3806857	12	0.1150571			
Total	2.2161429	13				

Evaluasi presisi metode pengujian menunjukkan hasil yang memuaskan berdasarkan standar ASTM D1298-12b. Nilai *repeatability* (*r*) yang diperoleh sebesar 0,339 kg/m³ masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan yaitu 0,5 kg/m³, dengan *Mean Square Within* (MSW) sebesar 0,115. Hal ini menunjukkan bahwa konsistensi pengukuran yang dilakukan oleh operator yang sama menggunakan peralatan yang sama dalam kondisi yang sama memenuhi kriteria presisi.

Nilai *reproducibility* (*R*) yang diperoleh sebesar 0,466 kg/m³ juga memenuhi persyaratan ASTM D1298-12b yang menetapkan batas maksimum 1,2 kg/m³, dengan *Mean Square Between* (MSB) sebesar 0,835. Nilai komponen varians antar grup ($\sigma^2_{\text{between}}$) sebesar 0,102 dan *pooled repeatability variance* (*Sr*) sebesar 0,339 menunjukkan bahwa variabilitas hasil pengukuran antar laboratorium atau kondisi pengujian yang berbeda masih dalam batas toleransi yang dapat diterima.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA *single factor* yang dilakukan terhadap data densitas biosolar pada suhu 15°C, diperoleh nilai *F*-hitung sebesar 7,261 dengan *p*-value 0,0195. Nilai *p*-value yang lebih kecil dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok densitas yang diuji. Hasil ini mengindikasikan adanya variasi yang bermakna antar kelompok pengukuran.

B. Uji *Flash Point*

Pengujian *flash point* minyak bumi yang dilakukan terhadap sampel yang sama (homogen) sebanyak tujuh kali pengulangan oleh masing-masing operator untuk menentukan tingkat presisi *repeatability* dan *reproducibility* pada tanggal 23-24 September 2025. Pengujian dilakukan pada sampel yang diambil dari satu batch yang sama dan disimpan dalam kondisi tertutup untuk memastikan tidak ada perubahan komposisi antar sesu pengujian. Data pengujian yang tersaji pada Tabel 5. memperlihatkan nilai *flash point* berkisar antara 63-67°C.

Tabel 5. Data Pengujian Flash Point (Amel)

Tanggal	Percobaan	Suhu Flash °C	Flash Point Terkoreksi
24/09/2025	I	63	63.18
24/09/2025	II	65	65.18
24/09/2025	III	65	65.18
24/09/2025	IV	67	67.18
25/09/2025	V	65	65.18
25/09/2025	VI	66	66.18
26/09/2025	VII	67	67.18
Mean			65.610



Tabel 6. Data Pengujian Flash Point (Hilda)

Tanggal	Percobaan	Suhu Flash °C	Flash Point Terkoreksi
23/09/2025	I	65	65.18
23/09/2025	II	65	65.18
23/09/2025	III	64	64.18
23/09/2025	IV	65	65.18
23/09/2025	V	64	64.18
24/09/2025	VI	65	65.18
24/09/2025	VII	67	67.18
Mean			65.181

1. Analisis Statistik *Anova Single Factors*

Tabel 7. Anova Single Factors Flash Point Minyak Bakar

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Flash Point Terkoreksi	7	459.2705	65.61007143	1.952380952
Flash Point Terkoreksi	7	456.2705	65.1815	1

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.642857143	1	0.642857143	0.435483871	0.521775169	4.747225347
Within Groups	17.71428571	12	1.476190476			
Total	18.35714286	13				

Evaluasi presisi metode pengujian menunjukkan hasil yang sangat baik berdasarkan standar ASTM D93-16a. Nilai *repeatability* (*r*) yang diperoleh sebesar 1,21°C berada di bawah batas maksimum yang diizinkan yaitu 2°C sesuai standar ASTM D93-16a, dengan *Mean Square Within* (MSW) sebesar 1,476. *Pooled repeatability variance* (*Sr*) menunjukkan nilai yang konsisten, mengindikasikan bahwa pengukuran yang dilakukan oleh operator yang sama menggunakan peralatan yang sama dalam kondisi laboratorium yang terkontrol memiliki presisi yang memadai.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA *single factor* yang dilakukan terhadap data *flash point* minyak bakar, diperoleh nilai F-hitung sebesar 0,435 dengan p-value 0,521. Nilai p-value yang jauh lebih besar dari tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kelompok pengukuran. Nilai *reproducibility* (*R*) yang diperoleh sebesar 1,16°C juga memenuhi persyaratan ASTM D93-16a yang menetapkan batas maksimum 4-5°C untuk rentang suhu *flash point* yang diuji. Nilai *Mean Square Between* (MSB) sebesar 0,642 yang lebih kecil dari MSW mengindikasikan bahwa variabilitas antar kelompok lebih rendah dibandingkan variabilitas dalam kelompok. Hasil ini mengindikasikan bahwa kedua kelompok memiliki konsistensi pengukuran yang baik dan tidak menunjukkan variasi yang bermakna antar kelompok, dengan rata-rata *flash point* masing-masing 65,61°C dan 65,18°C.

Nilai komponen varians antar grup ($\sigma^2_{\text{between}}$) menunjukkan nilai negatif (-0,119), yang mengindikasikan bahwa variabilitas antar kelompok sangat minimal atau bahkan tidak ada, sehingga

seluruh varians dapat dijelaskan oleh variabilitas acak dalam pengukuran. Hal serupa juga ditemukan oleh Yudandhiss, dkk. (2022) dalam pengujian flash point di laboratorium PPSDM Migas yang menunjukkan nilai MSB lebih kecil dari MSW, dan disimpulkan bahwa metode tersebut sangat konsisten antar operator. Nilai *reproducibility* yang lebih kecil dari *repeability* juga menunjukkan bahwa variasi antar operator lebih terkontrol dibandingkan variasi dalam satu sesi pengujian, yang merupakan karakteristik metode pengujian semi-otomatis seperti Pensky-Martens.

KESIMPULAN

Verifikasi metode pengujian densitas biosolar (ASTM D1298-12b) dan titik nyala (flash point) minyak bakar (ASTM D93-16a) di PPSDM Migas Cepu menegaskan bahwa kedua metode tersebut konsisten, andal, dan memenuhi persyaratan presisi serta akurasi standar ASTM.

- Metode Densitas Biosolar (ASTM D1298-12b) menunjukkan presisi yang sangat baik dengan nilai *repeatability* (0,34 kg/m³) dan *reproducibility* (0,47 kg/m³) yang jauh di bawah batas maksimum standar (0,5 kg/m³ dan 1,2 kg/m³). Meskipun analisis ANOVA mengidentifikasi perbedaan statistik signifikan antar operator ($F_{hitung} = 7,26 > F_{kritis} = 4,75$; p-value $0,0195 < 0,05$), perbedaan praktis (0,49 kg/m³) masih dalam batas toleransi *reproducibility*, mengonfirmasi keandalan aplikatif.
- Metode Titik Nyala Minyak Bakar (ASTM D93-16a) menunjukkan konsistensi antar operator yang superior (*reproducibility excellent*), didukung oleh hasil ANOVA yang menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan secara statistik antar kelompok pengukuran ($F_{hitung} = 0,435 < F_{kritis} = 4,75$; p-value $0,522 > 0,05$). Nilai *repeatability* (1,21°C) dan *reproducibility* (1,16°C) keduanya berada jauh di bawah batas standar (2°C dan 4-5°C), menunjukkan variabilitas minimal dan robust terhadap variasi operator, sebagian besar karena sifat pengujian yang semi-otomatis.

Selain itu, verifikasi akurasi menggunakan Material Rujukan Bersertifikat (CRMs) untuk kedua metode menunjukkan akurasi sistem pengukuran yang *excellent* (deviasi densitas 0,024%; titik nyala dalam rentang toleransi $52,8 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$), memvalidasi ketiadaan bias sistematis dan kesesuaian laboratorium dengan standar manajemen mutu ISO/IEC 17025:2017.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. (1982). *API MPMS 11.1 VOL XI-XII: Petroleum Measurement Tables - Intraconversion Between Volume Measures and Density Measures*. ASTM D 1250-80, API Standard 2540, IP Designation 200. Philadelphia: ASTM International.
- ASTM International. (2016). *D93-16a Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester*. ASTM International, West Conshohocken, PA. DOI: 10.1520/D0093-16A.
- ASTM International. (2017). *ASTM D1298-12b (Reapproved 2017) - Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method*. Manual of Petroleum Measurement Standards (MPMS), Chapter 9.1. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- International Organization for Standardization & International Electrotechnical Commission. (2017). *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories* (ISO/IEC 17025:2017). ISO.
- International Organization for Standardization. (2019). *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method* (ISO 5725-2:2019). ISO.
- Kim, T.K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(1), 22-26. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.1.22>
- Mulyani, Y., Solikha, D. F., & Oktaviani, W. (2022). Pengujian Flash Point pada Sampel Biosolar B-30 dan Pengujian Total Acid Number (TAN) pada Sampel Feedstock C PT “X” Laboratorium Fuel Terminal BBM Bandung Group-Ujung Berung. *Jurnal Migasian*, 6(1), 48-56.
- Nisah, K., & Maharani, D. (2022). Analisa Flash Point untuk Menentukan Kualitas Oil Turbolube.



AMINA, 4(3), 123-127.

- Ostertagová, E., & Ostertag, O. (2013). Methodology and Application of One-way ANOVA. *American Journal of Mechanical Engineering*, 1(7), 256-261. <https://doi.org/10.12691/ajme-1-7-21>
- Salsabillah, Z., Rizki, M. A., Hendrasti, A., Pangestu, J. T., & Venriza, O. (2024). Strategi Perbaikan Kualitas Biosolar Berdasarkan Kandungan Air Dan TAN Yang Meningkat Akibat Penyimpanan Di Ruang Terbuka. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 2(2), 113-120. DOI: <https://doi.org/10.61132/globe.v2i2.289>
- Syauqi, R. (2025). Analisis Kualitas Biosolar Berdasarkan Sifat Korosi dan Kebersihannya. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 15(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.37525/sp/2025-1/705>
- Yudandhiss, C. D. R., Salmahaminati, & Sahadad. (2022). Jaminan Mutu pada Pengujian Pour Point ASTM D-97, Flash Point PMcc ASTM D-93 dan Viskositas Kinematik ASTM D-445 di Laboratorium Minyak Bumi PPSDM Migas Cepu. *IJCR (Indonesian Journal of Chemical Research)*, 7(1), 17-26.
- Yudi Saputra, G., Listya Kartika, D., & Muhassanah, N. (2022). Uji T Berpasangan (Paired T-Test) Terhadap Pengaruh Perbedaan Jumlah Jam Terapi Applied Behaviour Analysis (ABA) Pada Siswa Berkebutuhan Khusus Autisme. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 2.



