

# Analisis Kualitas Biosolar Berdasarkan Sifat Korosi dan Kebersihannya

Rif'at Syauqi  
Universitas Jambi, Jambi

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 25 September 2024  
Direvisi : 3 Februari 2025  
Disetujui : 21 Februari 2025  
Terbit : 16 Maret 2025

Email korespondensi:  
[rfatsyqi@gmail.com](mailto:rfatsyqi@gmail.com)

Laman daring:  
[https://doi.org/10.37525/  
sp/2025-1/705](https://doi.org/10.37525/sp/2025-1/705)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas biosolar berdasarkan sifat korosi dan kebersihannya. Biosolar, sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, perlu memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 170.K/HK.02/DJM/2023 mengenai standar dan mutu spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar campuran biosolar 35% (B-35) yang dapat dipasarkan dalam negeri untuk menjamin keamanan dan efisiensi penggunaannya pada mesin diesel dengan menggunakan pedoman *American Society For Testing Material* (ASTM) sebagai metode standar mutu spesifikasi bahan bakar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi uji tembaga *strip test* (ASTM D130-12), uji kandungan sulfur (ASTM D2622-16), uji kandungan air (ASTM D95-13), uji kandungan sedimen (ASTM D473-07), uji kandungan abu (ASTM D482-13) dan MCRT (ASTM D4530-15). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat korosi biosolar pada ASTM D130-12 menunjukkan klasifikasi 1 pada uji ASTM D130 dan pada uji ASTM D2622 menunjukkan kandungan kadar sulfur 0,0868% m/m, jauh di bawah batas maksimum yang diizinkan. Aspek kebersihan biosolar dengan menggunakan ASTM D95, ASTM D473, ASTM D4530 dan ASTM D482 menunjukkan kandungan air, sedimen, karbon dan abu yang sangat rendah, memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Kesimpulan dari penelitian ini menekankan pentingnya kontrol kualitas yang ketat dalam produksi biosolar untuk memastikan keamanan penggunaan jangka panjang pada mesin diesel dan meminimalkan potensi kerusakan akibat korosi.

**Kata kunci:** *Biosolar, Sifat Kebersihan, Sifat Korosi*



## PENDAHULUAN

Biosolar merupakan bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani. Dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari bahan bakar fosil, biosolar muncul sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, telah menarik perhatian global sebagai solusi potensial untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memitigasi dampak lingkungan (Knothe *et al.*, 2021). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan biosolar bersifat lebih korosif dibandingkan dengan bahan bakar solar berbasis fosil namun memberikan lubrikasi pada mesin yang lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar solar berbasis fosil (Irwan *et al.*, 2022). Biosolar memiliki beberapa kelemahan dibanding minyak solar berbasis fosil, seperti sifat auto-oksidasi karena cahaya, suhu dan kelembapan, stabilitas termal yang buruk, lebih korosif, dan nilai kalor yang lebih rendah (Sundus *et al.*, 2016).

Sifat biosolar yang higroskopis menyebabkan biosolar lebih rentan terhadap oksidasi. Oksidasi biosolar mengarah pada terbentuknya senyawa peroksida dan hiperoksida. Selama proses degradasi senyawa tersebut terkonversi membentuk aldehid, keton, dan asam yang bersifat *volatile* dengan rantai pendek. Selain itu dalam proses tersebut terbentuk spesies dengan berat molekul yang tinggi melalui polimerisasi oksidasi. Mekanisme oksidasi biosolar dapat meningkatkan sifat korosif serta mengubah sifat biosolar (Setiawan *et al.*, 2017). Biosolar yang teroksidasi dapat menyebabkan bilangan asam tinggi, viskositas tinggi, dan pembentukan *gum* sedimen yang menyumbat *filter*. Jika stabilitas oksidasi, angka asam, atau pengukuran viskositas melebihi batas dalam standar mutu ASTM D6751, biosolar akan terdegradasi dan menjadikan kualitasnya *off spec* sehingga tidak boleh digunakan (Pamungkas *et al.*, 2021).

Biosolar menghadapi tantangan terkait kualitas dan kompatibilitas dengan infrastruktur dan mesin yang ada. Dua aspek kritis yang mempengaruhi kinerja dan penerimaan biosolar adalah sifat korosif dan tingkat kebersihannya (Singh *et al.*, 2020). Sifat korosif biosolar dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kandungan air, asam lemak bebas, dan komponen pengotor lainnya, sehingga berdampak signifikan pada komponen mesin, sistem penyimpanan, dan saluran distribusi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa jenis biosolar memiliki potensi korosif yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar solar berbasis fosil, terutama terhadap logam seperti tembaga, kuningan, dan seng (Fazal *et al.*, 2011). Di sisi lain, kebersihan biosolar, yang mencakup kandungan air, sedimen, dan kontaminan lainnya, mempengaruhi efisiensi pembakaran dan umur pakai mesin (Agarwal *et al.*, 2017). Analisis sifat korosi dan kebersihan biosolar menjadi sangat penting untuk memastikan kualitas dan keandalan bahan bakar.

Biosolar memiliki spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 170.K/HK.02/DJM/2023 mengenai standar dan mutu spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar campuran biosolar 35% (B-35) yang dapat dipasarkan dalam negeri untuk mendapatkan kualitas biosolar yang baik sehingga perlu dilakukan pengujian kualitas terhadap spesifikasi biosolar menggunakan pedoman *American Society For Testing Material* (ASTM) sebagai metode standar mutu spesifikasi bahan bakar. Metodologi yang digunakan dalam menganalisis sifat korosi dan kebersihan pada biosolar antara lain, yaitu: uji *copper strip corrosion*, kandungan sulfur, *water content*, *sediment content*, *ash content* dan *Micro Carbon Residue Tester* (MCRT), sesuai dengan standar ASTM yang berlaku. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi produsen, regulator, dan pengguna akhir mengenai kualitas biosolar saat ini, serta mengidentifikasi area potensial untuk peningkatan dan pengembangan lebih lanjut. Dengan memahami karakteristik korosi dan kebersihan biosolar secara mendalam, diharapkan dapat mendorong optimalisasi formulasi, perbaikan proses produksi, dan pengembangan strategi mitigasi yang efektif, sehingga dapat meningkatkan penggunaan biosolar secara luas dan mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan.



## METODE PENELITIAN

Analisis sifat korosi dan kebersihan pada sampel biosolar dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain: *copper strip test* (ASTM D130-12), uji kandungan sulfur (ASTM D2622-16), uji kandungan air (ASTM D95-13), uji kandungan sedimen (ASTM D473-07), uji kandungan abu (ASTM D482-13) dan MCRT (ASTM D4530-15). Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *copper strip corrosion apparatus*, ASTM *Copper Strip Corrosion Standards*, WDXRF *sulfur analyzer*, seperangkat alat distilasi dean-stark, K48300 *sediment extraction apparatus*, *carbon residue tester*, *test tube* dengan ukuran 25x150 mm, *furnace*, oven, *hotplate*, desikator, neraca analitik, gelas kimia, cawan penguap, kaki tiga, kawat kasa, bunsen, penjepit dan vial *glass*. Adapun bahan yang digunakan adalah minyak biosolar, *strip tembaga* ukuran 12,5 x 1,5 x 75 mm, *roll amplas*, plastik miller film transparan x-ray, larutan iso-oktan, pasir besi, *xylene*, *toluene*, *thimble*, dan kapas.

### A. *Copper Strip Test (ASTM D130-12)*

Metode ini dilakukan dengan menggunakan metode ASTM D130-12. *Strip tembaga* harus memiliki ukuran standar, biasanya 12,5 x 1,5 x 75 mm, kemudian *strip tembaga* diamplas pada satu arah pada setiap sisinya hingga bersih, lalu dicelupkan ke dalam larutan iso-oktan sampai terendam semua dan *strip tembaga* dipoles pasir besi menggunakan kapas. Setelah itu, dicelupkan kembali pada larutan iso-oktan sampai *strip tembaga* tenggelam sepenuhnya, kemudian diambil dan dimasukkan ke *test tube* dengan ukuran 25x150 mm, setelah itu, dimasukkan biosolar ke dalam *test tube* yang berisi *strip tembaga* hingga *strip tembaga* terendam sepenuhnya dan ditutup menggunakan kapas. Kemudian dilakukan pemanasan dalam *copper strip corrosion apparatus* pada temperatur 50°C selama 3 jam, setelah itu, diangkat *test tube* dan diambil *strip tembaga* menggunakan penjepit. Selanjutnya dibandingkan dan dicatat pengkaratan yang terjadi pada *strip tembaga* dengan ASTM *Copper Strip Corrosion Standards*.

### B. *Uji Kandungan Sulfur (ASTM D2622-16)*

Metode ini dilakukan dengan menggunakan metode ASTM D2622-16. Siapkan wadah sampel yang sudah dilapisi plastik miller film transparan x-ray berbahan polikarbonat, kemudian dimasukkan biosolar ke dalam wadah sampel yang sudah disiapkan dan ditutup dengan plastik miller film transparan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam tempat X-ray *Fluorescence Analyzer*, lalu diatur gas He yang keluar pada 0,15 dan ditunggu 15 menit sampai hasil print akan keluar, diulangi uji kandungan sulfur sebanyak 2 kali.

### C. *Uji Kandungan Air (ASTM D95-13)*

Metode ini dilakukan dengan menggunakan metode ASTM D95. Dimasukkan 100 mL biosolar ke dalam labu distilasi dean-stark, kemudian ditambahkan 100 mL *xylene* dan diaduk, lalu dirangkai alat destilasi dean-stark pada temperatur 150°C, dihentikan pemanasan saat tidak ada tetesan yang mengalir ke tabung pengumpul. Diamati lapisan yang terbentuk (lapisan bawah adalah air dan lapisan atas adalah *xylene*) dan dicatat volume air pada tabung pengumpul.

### D. *Uji Kandungan Sedimen (ASTM D473-07)*

Metode ini dilakukan dengan menggunakan ASTM D473-07. Pada metode ini pertama-tama ditimbang berat kosong *thimble*, lalu dimasukkan biosolar ke dalam *thimble* sebanyak 10 gram. Selanjutnya dimasukkan 200 mL toluena ke dalam *erlenmeyer*, lalu dimasukkan *thimble* yang berisi biosolar ke dalam keranjang *thimble* pada *erlenmeyer*, yang kemudian dilakukan ekstraksi dengan K48300 *sediment extraction apparatus* pada suhu 150°C selama 1 jam, lalu didiamkan pada suhu ruang. Selanjutnya diambil *thimble* dan di oven pada suhu 120°C selama 30 menit. Setelah kering *thimble* dimasukkan ke dalam *desikator* selama 1 jam, lalu dilakukan penimbangan. Kemudian dilakukan pengulangan ekstraksi jika berat *thimble* tidak konstan dan dihitung persentase sedimen yang didapati:

$$\% \text{ Sedimen} = \frac{(\text{Berat } \textit{thimble} + \text{Sedimen}) - (\text{Berat } \textit{thimble} \text{ kosong})}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$



### E. MCRT (Micro Carbon Residue Test) (ASTM D4530-15)

Metode ini dilakukan dengan menggunakan ASTM D4530-15. Pertama-tama dilakukan distilasi pada biosolar terlebih dahulu hingga residu hasil destilasi tersisa 10%. Ditimbang dan dicatat *vial glass* kosong, lalu dimasukkan residu hasil destilasi 1,5 gram ke dalam *vial glass*. Selanjutnya dimasukkan *vial glass* ke dalam alat MCR dan diatur suhu 500°C selama 15 menit, lalu didiamkan sampai suhu ruang dan dimasukkan *vial glass* ke dalam desikator selama 1 jam. Dilakukan penimbangan dan dihitung persentase residu yang tertinggal.

$$\% \text{ CR} = \frac{(\text{Berat vial glass awal}) - (\text{Berat vial glass akhir})}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

### F. Uji Kandungan Abu (ASTM D482-13)

Metode ini dilakukan dengan menggunakan ASTM D482-13. Ditimbang dan dicatat berat cawan penguap kosong, lalu dimasukkan biosolar sebanyak 50 mL ke dalam cawan yang sudah bersih dan kering. Selanjutnya, dipanaskan cawan dengan menggunakan bunsen hingga mendidih, setelah biosolar mendidih, api bunsen diarahkan langsung ke biosolar sampai biosolar terbakar habis dan tersisa hanya residunya. Selanjutnya cawan yang berisi residu dilakukan proses dekarbonisasi dengan *furnace* pada suhu 775°C hingga karbonnya hilang, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 1 jam, lalu dilakukan penimbangan dan dihitung persentase abu yang didapati. Dilakukan 2 kali pengulangan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

$$\% \text{ Abu} = \frac{(\text{Berat cawan} + \text{Abu}) - (\text{Berat cawan kosong})}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Sifat Korosi

#### 1) Copper Strip Test (ASTM D130-12)

Korosi *strip* tembaga adalah metode pengujian yang sangat penting dalam industri minyak, gas, dan otomotif untuk mengevaluasi sifat korosif dari bahan bakar dan cairan hidrokarbon lainnya. ASTM D130-12 berperan penting dalam kontrol kualitas bahan bakar, perlindungan peralatan, dan pencegahan kerusakan yang disebabkan oleh korosi, sehingga mendukung keandalan dan umur pakai sistem bahan bakar serta mesin secara keseluruhan. Prinsip dasar dari uji ini adalah bahwa beberapa senyawa dalam bahan bakar atau pelumas dapat bereaksi dengan tembaga, menyebabkan perubahan warna atau korosi pada permukaan *strip* tembaga. Perubahan ini dapat mengindikasikan potensi kerusakan yang mungkin terjadi pada komponen mesin yang mengandung tembaga atau paduannya ketika terpapar bahan tersebut dalam jangka panjang. Uji korosi *strip* tembaga menjadi standar industri karena kesederhanaan, kecepatan, dan kemampuannya dalam indikasi visual langsung tentang potensi korosif suatu bahan. ASTM D130-12 berperan penting dalam kontrol kualitas bahan bakar, perlindungan peralatan, dan pencegahan kerusakan yang disebabkan oleh korosi, sehingga mendukung keandalan dan umur pakai sistem bahan bakar serta mesin secara keseluruhan.

Tabel 1. Hasil *copper strip test*

Parameter	Satuan	Metode ASTM	Hasil Uji
<i>Copper Strip</i>	Kelas	D130	1

Ada beberapa alasan digunakan *strip* tembaga pada ASTM D130-12 yaitu: pertama, tembaga relatif sensitif terhadap senyawa korosif yang umum ditemukan dalam produk *petroleum*, terutama senyawa sulfur. Ini memungkinkan deteksi dini potensi korosif bahan bakar; kedua, tembaga banyak terdapat dalam komponen sistem bahan bakar dan mesin terbuat dari tembaga atau paduan tembaga (seperti kuningan atau perunggu). Penggunaan *strip* tembaga memberikan simulasi yang relevan untuk komponen-komponen yang terbuat dari tembaga/paduan tembaga; ketiga, perubahan warna pada tembaga akibat



korosi relatif mudah diamati dan dikategorikan, memungkinkan penilaian yang konsisten.

Metode ini dilakukan dengan pengamplasan strip tembaga yang bertujuan untuk membersihkan permukaan tembaga dari *oksida* atau kontaminan, serta menyediakan permukaan yang seragam. Untuk membersihkan strip tembaga dari residu minyak atau lemak yang mungkin tertinggal setelah pengamplasan maka perlu dicelupkan ke dalam larutan *iso-oktan*. *Iso-oktan* dipilih karena sifatnya yang mudah menguap dan tidak bereaksi dengan tembaga. Kemudian dilakukan pemolesan dengan pasir besi yang fungsinya untuk menghilangkan goresan mikro yang mungkin terbentuk selama pengamplasan, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih halus dan konsisten. Untuk membersihkan strip tembaga dari residu pasir besi dan kontaminan lainnya yang mungkin menempel selama proses pemolesan maka dilakukan pencelupan dengan larutan *iso-oktan*. Uji ini mengikuti standar ASTM D130 atau IP 154 dan hasilnya diklasifikasikan dalam skala dari 1a (sedikit ternoda) hingga 4c (korosi parah).



Gambar 1. Hasil perbandingan strip tembaga dengan ASTM *copper strip corrosion standards*

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa biosolar tersebut memenuhi standar kualitas yang tinggi dalam hal potensi korosifnya terhadap komponen tembaga dalam sistem bahan bakar. Biosolar dengan kelas 1 umumnya dianggap aman untuk digunakan dalam mesin solar tanpa risiko signifikan terhadap kerusakan komponen tembaga atau paduan tembaga. Kelas 1 pada skala ASTM D130 menunjukkan bahwa *strip* tembaga mengalami perubahan warna yang sangat sedikit, biasanya digambarkan sebagai "sedikit noda oranye, hampir sama dengan *strip* asli". Hasil ini mengindikasikan bahwa sampel biosolar yang diuji memiliki sifat korosif yang sangat rendah terhadap tembaga. Rendahnya tingkat korosi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk: Kandungan sulfur yang rendah dalam biosolar, Proses hidrodesulfurisasi yang efektif selama produksi, Penggunaan aditif anti-korosi yang efektif, dan Penanganan serta penyimpanan bahan bakar yang baik, meminimalkan kontaminasi.

## 2) Uji Kandungan Sulfur (ASTM D2622-16)

Uji kandungan sulfur merupakan salah satu pengujian kualitas yang sangat penting dalam industri minyak dan gas. Biosolar, secara alami mengandung sulfur yang berasal dari minyak mentah. Namun, kandungan sulfur yang tinggi dapat menyebabkan berbagai masalah, termasuk polusi udara, kerusakan mesin, dan penurunan kinerja katalis pada sistem pembuangan kendaraan. Oleh karena itu, pengujian dan pengendalian kadar sulfur menjadi hal yang krusial dalam produksi dan distribusi biosolar.

Beberapa metode dapat digunakan untuk menguji kandungan sulfur dalam biosolar. Salah satu metode yang paling umum dan akurat adalah *spektrometri* sinar-X, seperti yang digunakan dalam standar ASTM D2622. Metode ini memanfaatkan prinsip *fluoresensi* sinar-X, di mana atom sulfur dalam sampel dieksitasi oleh radiasi sinar-X *primer* dan kemudian memancarkan radiasi karakteristik yang dapat diukur intensitasnya. Metode lain yang juga sering digunakan adalah *ultraviolet fluorescence* (UVF) seperti dalam ASTM D5453, yang mengoksidasi sampel pada suhu tinggi dan mendeteksi *radiasi ultraviolet*

yang dipancarkan oleh sulfur dioksida yang terbentuk.

Tabel 2. Hasil uji kandungan sulfur

Parameter	Satuan	Batas Maks	Metode ASTM	Hasil Uji		Rata-Rata
				Pengujian I	Pengujian II	
Kandungan Sulfur	% m/m	0,2	D2622	0,0892	0,0843	0,0868

Proses pengujian kandungan sulfur umumnya dimulai dengan pengambilan sampel yang representatif dari *batch* biosolar yang akan diuji. Sampel kemudian dipersiapkan sesuai dengan metode yang akan digunakan. Dalam kasus *spektrometri* sinar-X, sampel biasanya ditempatkan dalam sel sampel khusus dengan film tipis sebagai jendela. Hasil pengujian kandungan sulfur sangat penting dalam menentukan kualitas dan kepatuhan biosolar terhadap standar regulasi. Di banyak negara, termasuk Indonesia, ada batasan maksimum kandungan *sulfur* yang diizinkan dalam biosolar untuk kendaraan bermotor. Misalnya, standar *Euro 4* mensyaratkan kandungan sulfur maksimum 50 ppm (0,005% m/m), sementara *Euro 5* dan *Euro 6* mensyaratkan kandungan sulfur maksimum 10 ppm (0,001% m/m). Pengujian rutin dan ketat terhadap kandungan sulfur membantu memastikan bahwa biosolar yang diproduksi dan didistribusikan memenuhi standar ini, yang pada gilirannya berkontribusi pada pengurangan emisi dan perlindungan lingkungan.

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian menggunakan metode ASTM D2622-16 pada sampel biosolar menunjukkan kandungan sulfur sebesar 868 ppm (0,0868% m/m). Nilai ini menunjukkan bahwa sampel biosolar tersebut telah memenuhi Peraturan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.170.K/HK.02/DJM/2023, dimana batas maksimum sulfur untuk biosolar adalah 2000 ppm (0,2% m/m). Kandungan sulfur yang rendah ini mengindikasikan bahwa biosolar tersebut telah melalui proses *desulfurisasi* yang efektif atau menggunakan bahan baku biosolar berkualitas tinggi dengan kadar sulfur alami yang rendah. Implikasi positif dari hasil ini meliputi potensi pengurangan signifikan emisi oksida sulfur (SO<sub>x</sub>) saat pembakaran, yang berkontribusi pada penurunan risiko hujan asam dan polusi udara. Biosolar sangat sesuai untuk digunakan pada kendaraan modern di wilayah dengan regulasi emisi yang ketat, serta mendukung upaya global dalam mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan bahan bakar fosil.

## B. Analisis Sifat Kebersihan pada Biosolar

### 1. Uji Kandungan Air (ASTM D95-13)

Tujuan dilakukannya uji kandungan air (ASTM D95-13) adalah untuk mengukur jumlah kandungan air yang terlarut atau terdispersi dalam minyak, yang berguna untuk menilai kualitas dan stabilitas bahan bakar. Kandungan air yang tinggi dalam biosolar dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti korosi pada sistem bahan bakar, pertumbuhan mikroba, dan penurunan efisiensi pembakaran. Oleh karena itu, pemantauan dan kontrol kandungan air dalam biosolar sangat penting untuk menjaga kualitas bahan bakar dan mencegah kerusakan pada mesin diesel. Standar industri biasanya menetapkan batas maksimum kandungan air dalam biosolar, dan uji ASTM D95 membantu memastikan bahwa produk biosolar memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.

Metode ini menggunakan prinsip distilasi, di mana sampel biosolar dicampur dengan pelarut yang tidak larut dalam air, biasanya xilen atau toluena. Digunakan xilen yang berfungsi sebagai pelarut yang baik untuk banyak senyawa organik dalam produk *petroleum*, membantu melarutkan sampel dan memfasilitasi pelepasan air dari matriks sampel. Campuran ini kemudian dipanaskan hingga mendidih, menyebabkan air dalam sampel menguap bersama dengan pelarut. Uap yang dihasilkan dikondensasi dan ditampung dalam tabung pengukur khusus yang disebut *dean-stark receiver*. Karena perbedaan densitas, air akan terpisah dari pelarut dan mengendap di bagian bawah tabung. Volume air yang terkumpul dapat dibaca langsung dari skala pada tabung, memungkinkan perhitungan persentase kandungan air dalam sampel biosolar. Proses ini berlangsung hingga tidak ada lagi air yang terekstraksi dari sampel.



Tabel 3. Hasil uji kandungan air

Parameter	Satuan	Batas Maks	Metode ASTM	Hasil Uji
Kandungan Air	mg/Kg	400	D95	0

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengujian menggunakan metode ASTM D95-13 pada sampel biosolar menunjukkan kandungan air sebesar 0% volume, yang dimana mengindikasikan bahwa sampel biosolar tersebut praktis bebas dari kandungan air yang dapat terdeteksi oleh metode ini. Hal ini merupakan indikator kualitas yang sangat baik, mengingat keberadaan air dalam bahan bakar dapat menyebabkan berbagai masalah seperti korosi pada komponen mesin, pertumbuhan mikroba, dan gangguan pada proses pembakaran. Ketiadaan air yang terdeteksi juga menunjukkan bahwa proses produksi, penyimpanan, dan penanganan biosolar telah dilakukan dengan sangat baik, mencegah kontaminasi air dari lingkungan. Biosolar dengan karakteristik ini akan memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih baik, mengurangi risiko pemisahan fase antara komponen biosolar dengan air serta meminimalkan potensi pembentukan emulsi yang dapat menyumbat filter bahan bakar. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa biosolar tersebut memenuhi standar kualitas yang tinggi dalam hal kandungan air yang dimana sangat sesuai untuk penggunaan dalam mesin solar modern.

## 2) Uji Kandungan Sedimen (ASTM D473-07)

Uji kandungan sedimen pada biosolar menggunakan metode ASTM D473-07 adalah proses yang penting untuk menentukan kualitas dan kebersihan minyak biosolar. Metode ini melibatkan ekstraksi sedimen dari sampel minyak biosolar menggunakan *thimble* dan pelarut toluena. *Thimble* berfungsi sebagai wadah atau kantong yang menampung sampel minyak selama proses ekstraksi untuk memisahkan sedimen dari minyak, yang terbuat dari alundum (alumina yang dileburkan). Sedangkan toluena merupakan pelarut organik yang efektif dalam melarutkan berbagai senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam minyak, sehingga dapat membantu dalam proses ekstraksi sedimen dari sampel minyak. Penggunaan toluena memungkinkan pemisahan sedimen dengan lebih efisien, yang penting untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam pengujian. Tujuan utama dari uji kandungan sedimen ini adalah untuk memastikan bahwa minyak biosolar tidak mengandung sedimen yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem bahan bakar dan komponen mesin. Ruang lingkup aplikasi ini meliputi berbagai jenis minyak biosolar, termasuk bensin otomotif dan bensin penerbangan, yang harus memenuhi standar kebersihan yang ketat untuk memastikan kinerja yang optimal dan keamanan operasional.

Tabel 4. Hasil uji kandungan sedimen

Parameter	Satuan	Batas Maks	Metode ASTM	Hasil Uji
Kandungan Sedimen	% m/m	0,01	D473	0

Berdasarkan Tabel 4, hasil pengujian menggunakan metode ASTM D473-07 pada sampel biosolar setelah hasil perhitungan menunjukkan kandungan sedimen sebesar 0%, yang dimana dapat dikatakan bahwa sampel biosolar tersebut praktis bebas dari sedimen. Hal tersebut merupakan indikator kualitas yang sangat baik, menunjukkan bahwa biosolar telah melalui proses produksi, penyaringan, dan penanganan yang sangat efektif. Tidak adanya sedimen memiliki beberapa implikasi positif: pertama, hal ini mengurangi risiko penyumbatan pada sistem bahan bakar, termasuk filter dan injektor, yang dapat mempengaruhi kinerja mesin; kedua, minimnya sedimen juga mengurangi potensi keausan pada komponen mesin yang disebabkan oleh partikel abrasif; dan ketiga, hal ini mengindikasikan stabilitas yang baik dari biosolar, mengurangi risiko pembentukan endapan selama penyimpanan. Hasil ini menunjukkan bahwa biosolar tersebut memenuhi standar kualitas yang tinggi dalam hal kandungan sedimen dan sangat sesuai untuk penggunaan dalam mesin diesel modern, menjanjikan operasi yang lebih bersih dan efisien.

Metode uji kandungan sedimen menggunakan toluena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode lainnya. Pertama, toluena merupakan pelarut yang efektif untuk menghilangkan sedimen tanpa

merusak struktur kimia minyak biosolar. Kedua, metode ini relatif cepat dan mudah dilakukan, sehingga dapat digunakan secara rutin dalam industri minyak. Ketiga, hasil pengujian yang diperoleh dapat dijadikan acuan untuk memastikan kualitas minyak biosolar yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik minyak. Dengan demikian, uji sedimen pada biosolar menggunakan metode ASTM D473-07 adalah proses yang penting dan efektif untuk memastikan kualitas dan kebersihan minyak biosolar.

### 3) *Micro Carbon Residue Test (MCRT) (ASTM D4530-15)*

Uji *Micro Carbon Residue Test* (MCRT) berdasarkan ASTM D4530-15 adalah metode standar untuk menentukan kecenderungan produk minyak bumi, termasuk biosolar, dalam membentuk residu karbon. Metode ini menghasilkan jumlah residu karbon yang terbentuk setelah sampel dipanaskan dalam kondisi tanpa udara (*pirolisis*) pada suhu tinggi. MCRT merupakan versi terbaru dan lebih canggih dari metode *Conradson Carbon Residue* (CCR) yang lebih tua. Uji ini memberikan indikasi penting tentang kualitas bahan bakar, terutama terkait dengan kecenderungannya untuk membentuk deposit karbon selama proses pembakaran dalam mesin. Prinsip kerja dari uji MCRT (ASTM D4530-15) melibatkan pemanasan sampel biosolar dalam lingkungan yang terkontrol dan bebas oksigen. Sampel ditempatkan dalam vial kaca khusus yang kemudian dimasukkan ke dalam tungku dengan suhu sekitar 500°C. Dalam kondisi ini, komponen volatil dari sampel akan menguap, sementara komponen yang lebih berat mengalami dekomposisi termal (*pirolisis*). Proses ini berlangsung selama 15 menit. Setelah pemanasan selesai, botol diletakkan dalam desikator dan kemudian ditimbang untuk menentukan jumlah sisa karbon yang tersisa. Hasil dinyatakan sebagai persentase berat dari sampel awal.

Tabel 5. Hasil MCRT (*Micro Carbon Residue Test*)

Parameter	Satuan	Batas Maks	Metode ASTM	Hasil Uji		Rata-Rata
				Pengujian I	Pengujian II	
Residu Karbon	% m/m	0,1	D4530	0,0622	0,0667	0,06

Tujuan utama dari uji MCRT pada biosolar adalah untuk memancarkan kecenderungan bahan bakar dalam membentuk endapan karbon selama penggunaan. Informasi ini sangat penting untuk memprediksi performa bahan bakar dalam mesin *diesel*, terutama terkait dengan pembentukan deposit pada *injektor*, piston, dan ruang bakar. Kandungan residu karbon yang tinggi dapat mengindikasikan potensi masalah seperti penurunan efisiensi pembakaran, peningkatan emisi, dan keausan mesin yang lebih cepat. Selain itu, hasil uji MCRT juga dapat digunakan sebagai indikator kualitas proses penyulingan dan pemurnian biosolar, membantu produsen dalam mengoptimalkan proses produksi mereka.

Berdasarkan Tabel 5, hasil pengujian menggunakan metode ASTM D4530-15 pada sampel biosolar menunjukkan residu karbon mikro sebesar 0,06%. Nilai 0,06% ini berada dalam rentang yang dapat diterima untuk biosolar, mengingat batas maksimum yang umumnya ditetapkan oleh standar kualitas bahan bakar biosolar berkisar antara 0,05% hingga 0,1%. Hasil ini mengindikasikan bahwa biosolar tersebut memiliki kecenderungan yang relatif rendah untuk membentuk deposit karbon selama proses pembakaran. Implikasi positif dari hasil ini meliputi: potensi pembentukan deposit karbon yang minimal pada komponen mesin seperti piston, cincin piston, dan nozel injektor, yang dapat membantu mempertahankan efisiensi pembakaran dan kinerja mesin dalam jangka panjang; risiko yang lebih rendah terhadap penurunan kualitas oli mesin akibat kontaminasi karbon; serta potensi emisi partikulat yang lebih rendah, yang mendukung pemenuhan standar emisi. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa biosolar tersebut memiliki karakteristik pembakaran yang baik dan sesuai untuk penggunaan dalam mesin diesel modern, meskipun pemantauan berkala terhadap pembentukan deposit masih dianjurkan untuk penggunaan jangka panjang.

Kelebihan metode MCRT (ASTM D4530-15) dibandingkan dengan metode pengujian residu karbon lainnya terletak pada akurasi, reproduksibilitas, dan efisiensinya. Metode ini menggunakan sampel yang lebih kecil (sekitar 1,5 gram) dibandingkan dengan metode CCR tradisional, yang menjadikannya lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Waktu pengujian yang lebih singkat juga meningkatkan efisiensi



laboratorium. MCRT memberikan hasil yang lebih konsisten dan kurang bergantung pada keterampilan operator dibandingkan metode lama. Selain itu, metode ini dapat diterapkan pada berbagai jenis produk minyak bumi, tidak hanya biosolar. Keakuran dan reliabilitas yang tinggi dari MCRT menjadikannya metode yang disukai dalam industri minyak dan gas untuk mengontrol kualitas dan pengembangan produk bahan bakar.

#### 4) Uji Kandungan Abu (ASTM D482-13)

Uji kandungan abu menurut ASTM D482-13 Merujuk pada metode standar untuk menentukan jumlah bahan anorganik yang tersisa setelah pembakaran dan pengabuan sampel produk minyak bumi, dalam hal ini biosolar. Abu yang dimaksud dalam konteks ini bukan hanya sisa pembakaran biasa, tetapi mencakup berbagai komponen anorganik yang mungkin ada dalam bahan bakar, seperti senyawa logam, silika, dan kontaminan lainnya yang tidak dapat terbakar. Metode ini memberikan informasi penting tentang tingkat kemurnian dan kualitas biosolar, yang berkaitan langsung dengan potensi dampaknya terhadap kinerja mesin dan sistem bahan bakar. Prinsip kerja dari metode ASTM D482-13 didasarkan pada pembakaran sempurna sampel biosolar dalam kondisi yang terkontrol. Sampel ditempatkan dalam cawan yang telah ditimbang dengan teliti, kemudian dipanaskan dan dibakar pada suhu tinggi (sekitar 775°C) dalam *furnace*. Selama proses ini, semua komponen organik dalam sampel akan terbakar dan menguap, hanya menyisakan residu anorganik atau abu.

Tabel 6. Hasil uji kandungan abu

Parameter	Satuan	Batas Maks	Metode ASTM	Hasil Uji
Kandungan Abu	% m/m	0,01	D482	0,0006

Tujuan utama dari uji kandungan abu (ASTM D482-13) pada biosolar adalah untuk menentukan jumlah residu anorganik setelah pembakaran sampel bahan bakar. Pengujian ini sangat penting dalam mengontrol kualitas biosolar karena kandungan abu yang berlebihan dapat menyebabkan berbagai masalah pada mesin diesel, seperti keausan yang berlebihan, penyumbatan *injektor*, dan pembentukan deposit pada komponen mesin. Selain itu, hasil uji ini juga dapat mengindikasikan adanya kontaminasi dalam bahan bakar atau masalah dalam proses produksi dan pemurnian. Dengan mengetahui kandungan abu, produsen dan pengguna biosolar dapat memastikan bahwa bahan bakar memenuhi spesifikasi yang diperlukan untuk kinerja optimal dan umur pakai mesin yang lebih panjang.

Berdasarkan Tabel 6, hasil pengujian kadar abu pada sampel biosolar sebesar 0,0006% m/m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan abu pada sampel tergolong rendah, dan memenuhi persyaratan spesifikasi produk biosolar yang diperbolehkan dijual di masyarakat. Rendahnya kandungan abu mengindikasikan bahwa biosolar tersebut telah melalui proses pemurnian yang sangat baik, menghilangkan sebagian besar kontaminan anorganik. Hal ini memiliki beberapa keuntungan yaitu: pertama, risiko pembentukan deposit abu pada komponen mesin seperti *katup*, *piston*, dan *turbocharger* menjadi sangat minimal, yang dapat meningkatkan umur dan kinerja mesin; kedua, emisi partikulat yang berasal dari abu bahan bakar akan sangat rendah, mendukung pemenuhan standar emisi yang ketat; dan ketiga, efisiensi *catalytic converter* dan sistem pengontrol emisi lainnya dapat terjaga karena minimnya potensi peracunan katalis oleh abu.

Kelebihan dari metode uji ASTM D482-13 terletak pada kesederhanaan, konsistensi, dan reproduksibilitasnya. Metode ini tidak memerlukan peralatan yang sangat canggih atau mahal, sehingga dapat diimplementasikan di berbagai laboratorium pengujian. Hasilnya memberikan indikasi yang jelas tentang kualitas bahan bakar dan potensi masalah yang mungkin timbul dalam penggunaannya. Metode ini juga memiliki sensitivitas yang baik untuk mendeteksi kandungan abu dalam jumlah kecil. Meskipun memerlukan waktu yang cukup lama untuk memanggang sempurna, metode ini tetap menjadi salah satu cara yang paling dibutuhkan untuk menentukan kandungan abu dalam biosolar dan produk minyak bumi lainnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Minyak Bumi PPSDM Migas, kualitas biosolar secara umum memenuhi standar yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.170.K/HK.02/DJM/2023. Untuk parameter korosi, sampel biosolar menunjukkan klasifikasi 1 pada uji ASTM D130 dan pada uji ASTM D2622-16 menunjukkan kandungan kadar sulfur 0,0868% m/m, jauh di bawah batas maksimum yang diizinkan. Demikian pula, pengujian kebersihan menggunakan ASTM D95, ASTM D473, dan ASTM D482 menunjukkan kandungan air, sedimen, karbon dan abu yang sangat rendah, memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Hal ini mengindikasikan bahwa biosolar yang dianalisis memiliki kualitas tinggi dan tidak menyebabkan masalah korosi atau kontaminasi yang signifikan pada sistem mesin berbahan bakar solar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A. K., Gupta, J. G., & Dhar, A. (2017). Potential and challenges for large-scale application of biosolar in automotive sector. *Progress in Energy and Combustion Science*, 61, 113–149. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.03.002>.
- ASTM D130-12. (2017). Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test.
- ASTM D2622-16. (2017). Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometry.
- ASTM D95-13. (2018). Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation.
- ASTM D473-07. (2017). Standard Test Method for Sediment in Crude Oils and Fuel Oils by the Extraction Method.
- ASTM D4530-15. (2020). Standard Test Method for Determination of Carbon Residue (Micro Method).
- ASTM D482-13. (2017). Standard Test Method for Ash from Petroleum Products.
- Fazal, M. A., Haseeb, A. S. M. A., & Masjuki, H. H. (2011). Effect of different corrosion inhibitors on the corrosion of cast iron in palm biosolar. *Fuel Processing Technology*, 92(11), 2154–2159. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.06.012>.
- Irwan, Zulkifli, Nurlaili, & Syafari. (2022). Kajian Korosivitas dan Inhibisi Korosi Bahan Bakar Biosolar B30 Pada Baja Karbon. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 6(1), 33–38.
- Knothe, G., Krahl, J., & Van Gerpen, J. (Eds.). (2021). *The Biosolar Handbook*. Academic Press.
- Pamungkas, A., Amri, K., Pratiwi, F. T., & Arisant, A. G. (2021). Pengaruh Waktu Penyimpanan Terhadap Kadar Air dan Angka Asam pada Sampel Biosolar dan Campuran Biosolar (XX). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*, 1–6.
- Setiawan, A., Novitrie, N. A., & Ashari, L. (2017). Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biosolar yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas. *Seminar MASTER 2017 PPNS*, 1509, 149–154.
- Singh, D., Sharma, D., Soni, S. L., Sharma, S., Kumar Sharma, P., & Jhalani, A. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biosolar. *Fuel*, 262(July), 116553. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116553>.
- Sundus, F., M.A. Fazal, H.H. Masjuki. 2016. *Tribology With Biosolar: A Study on Enhancing Biosolar Stability and Its Fuel Properties*. Kuala Lumpur: University of Malaya

