

**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**

***Flash Point Testing on Biosolar B-30 Samples and Total Acid
Number (TAN) Testing on Feedstock Sample C
PT “X” Laboratorium Fuel Terminal BBM Bandung
Group-Ujung Berung***

Yully Mulyani^{*)}(¹), Dian Farkhatu Solikha⁽¹⁾, Winingsih Oktaviani⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi D-III Teknik Kimia, AKAMIGAS BALONGAN, Indramayu 16424, Indonesia

^{*)}E-mail: farkhatussolikhadian@gmail.com

Diterima (6 April 2022), Direvisi (22 Juli 2022)

Abstract. *Flash Point is the lowest temperature of the fuel, where if the fuel is brought close to a fire, it will ignite easily. The sample used in the flash point test is biodiesel B-30, this flash point test method uses the ASTM D 93 standard by the Pensky-Martens closed cup flash point tool. Process variables that affect flash point testing are temperature, density and pressure. The results of the flash point test with the highest flash point value are sample 4 with a value of 65.0 °C, while the results of the flash point test with the lowest flash point value are sample 1 with a value of 52.0. Total Acid Number (TAN) is a combination of weak and strong acids in fuel. The sample used in the Total Acid Number (TAN) test is diesel blending feedstock C, the test method uses ASTM D 664 standard by the Automatic Potentiometric Titrator AT -710. The process variable that affects the TAN test is the oxidation reaction. The results of Total Acid Number (TAN) test, the lowest acid content is diesel + feedstock C 0.3% sample with a value of 0.05527 mg KOH/gr, while the highest acid content is diesel + feedstock C 0.2% sample. with a value of 0.06708 mg KOH/gr.*

Keywords: *Blending Feedstock C, Biosolar B-30, Flash Point, Process Variable, Total Acid Number (TAN).*

Abstrak. *Flash Point adalah suhu terendah bahan bakar, dimana bahan bakar jika didekatkan dengan api akan mudah terbakar. Sampel yang digunakan dalam pengujian flash point yaitu biosolar B-30, metode uji flash point ini menggunakan standar ASTM D 93 oleh alat flash point Pensky-Martens closed cup. Variabel proses yang mempengaruhi pengujian flash point adalah suhu, densitas dan tekanan. Hasil dari pengujian flash point yang paling tinggi nilai flash point nya adalah sampel 4 dengan nilai 65,0°C, sedangkan hasil dari pengujian flash point yang paling rendah nilai flash point nya adalah sampel 1 dengan nilai 52,0°C. Total Acid Number (TAN) adalah gabungan antara asam lemah dan asam kuat yang terdapat dalam bahan bakar. Sampel yang digunakan dalam pengujian Total Acid Number (TAN) yaitu solar blending feedstock C, metode uji Total Acid Number (TAN) ini menggunakan standar ASTM D 664 oleh alat Automatic Potentiometric Titrator AT -710. Variabel proses yang mempengaruhi pengujian Total Acid Number (TAN) adalah reaksi oksidasi. Hasil dari pengujian Total Acid Number (TAN) yang paling rendah kandungan asamnya adalah sampel solar+feedstock C 0,3% dengan nilai 0,05527 mg KOH/gr, sedangkan yang paling tinggi kandungan asamnya adalah sampel solar+feedstock C 0,2% dengan nilai 0,06708 mg KOH/gr*

Kata Kunci: *Blending Feedstock C, Biosolar B-30, Flash Point, Total Acid Number (TAN), Variabel proses*

PENDAHULUAN

Biosolar ialah bahan bakar yang diperuntukan bagi mesin diesel dan merupakan hasil blending solar dengan minyak nabati dimana telah melalui proses trans-esterifikasi menghasilkan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Sebagai energi alternatif, biosolar bersifat ramah lingkungan. Sampel yang akan dianalisis yaitu biosolar B- 30 dan *feedstock C*. Dimana biosolar B-30 adalah campuran minyak solar sebesar 70% dengan biodiesel sebesar 30% [21]. Sedangkan menurut PT Pertamina (Persero) Laboratorium Fuel Terminal BBM Bandung Group – Ujungberung *feedstock C* adalah produk yang dihasilkan dari kegiatan *interface*, biasanya pertemuan antara solar dengan pertalite dan sebaliknya atau pertemuan antara solar dengan pertamax dan sebaliknya.

Menurut Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi nomor 0234.K/10/DJM.S/2019 mengenai standar dan mutu spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar campuran biodiesel 30% (B-30) yang dipasarkan dalam negeri untuk mendapatkan kualitas biosolar yang baik maka diperlukan pengujian spesifikasi biosolar dengan berpedoman pada *American Society for Testing Material* (ASTM) sebagai metode standar mutu spesifikasi bahan bakar. Uji biosolar B-30 antara lain meliputi: bilangan setana, penampilan visual, angka setana atau indeks setana, berat jenis, kandungan sulfur, titik nyala, titik kabut atau titik tuang, kandungan air, kandungan FAME, korosi bilah tembaga, kandungan abu, residu karbon, viskositas, bilangan asam kuat, distilasi, bilangan asam total, warna, kandungan sedimen, lubrisitas, dan kestabilan oksidasi.[9]

Titik nyala (*flash point*) merupakan angka yang menyatakan suhu terendah bahan bakar minyak akan timbul penyalan waktu sesaat, jika permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan berdasarkan keamanan (*safety*) terhadap kebakaran pada proses penyimpanan dan pengangkutan bahan bakar minyak. [21] Bilangan asam juga merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas minyak. Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak akibat reaksi hidrolisis minyak.[24]. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis tertarik mengambil judul Pengujian *Flash Point* pada Sampel Biosolar B-30 dan Pengujian *Total Acid Number* (TAN) pada Sampel *Feedstock C*.

TEORI DASAR

Pengujian *Flash Point*

Perhitungan hasil pengujian *flash point* sebagai berikut:

$$\text{Flash Point Terkoreksi} = C + 0,033 (760-P) \quad (1)$$

dengan C adalah *flash point* pengamatan (°C), P adalah tekanan barometer (mmHg) Barometer yang ada di laboratorium harus terkalibrasi. [19]

Pengujian Total Acid Number (TAN)

Perhitungan yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\text{TAN} = \frac{56,1 \times N \text{ KOH} \times v \text{ KOH}}{\text{massa sampel}} \quad (2)$$

Dengan N KOH adalah Normalitas larutan KOH (N), V KOH adalah Volume KOH yang digunakan (mL) [12]

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pengujian dua sampel yaitu biosolar B-30 dan *feedstock C*. Dimana penelitian kuantitatif ini dilakukan di lab pengujian nyala dan TAN. Alat dan bahan yang digunakan untuk pengujian flas point yaitu meliputi :

1. Alat

Alat flash point pensky-martens closed cup otomatis

2. Bahan

Biosolar B-30

Sedangkan alat dan bahan yang diperlukan untuk pengujian TAN yaitu meliputi :

1. Alat

- 1) Alat automatic potentiometric titrator AT – 710

- 2) Beaker Glass pyrex

- 3) Magnetic Stirrer

- 4) Timbangan Analitis

2. Bahan

- 1) 500 ml toluene

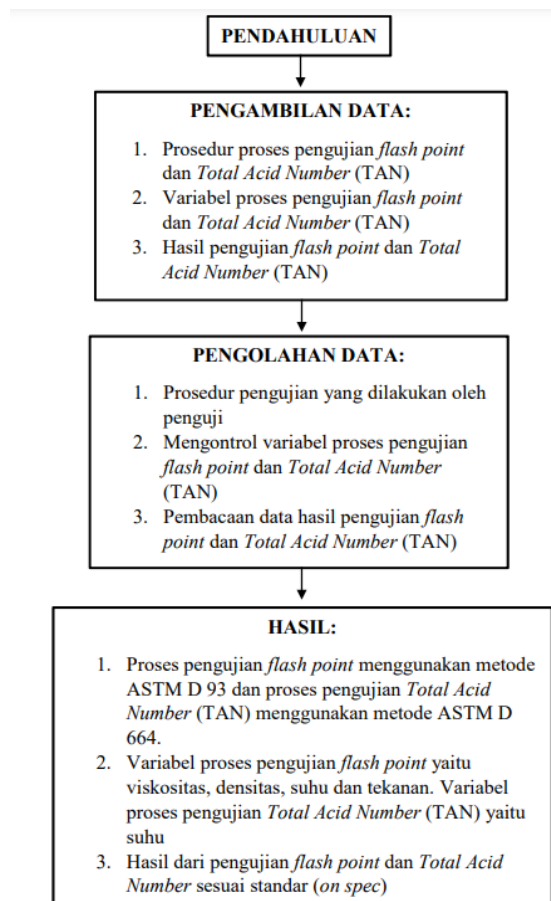
- 2) 5 ml aquades

- 3) 495 ml etanol

- 4) 5 liter solar murni

- 5) Feedstock C

Secara lebih rinci gambaran pelaksanaan pengujian dapat terlihat pada diagram alur penelitian. Berikut ini adalah alur penelitian yang dilakukan :



Gambar 1. Alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel Proses *Flash Point* Pada Sampel Biosolar B-30

Pengendalian variabel proses perlu dilakukan agar kualitas dan kuantitas produk sesuai dengan yang dikehendaki. Terjadinya variabel proses yang berubah dapat mengakibatkan mutu maupun jumlah produk dapat mengalami penyimpangan. Variabel proses yang perlu diperhatikan dalam proses pengujian *flash point* adalah:

Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap nilai *flash point*, sehingga perlu dijaga dengan baik pada saat dilakukan pengujian *flash point*. Apabila suhu sampel terlalu tinggi maka akan mengakibatkan hasil nilai *flash point* menjadi rendah, dan sebaliknya apabila suhu sampel terlalu rendah maka akan mengakibatkan hasil nilai *flash point* menjadi tinggi.

Densitas

Standar nilai densitas biosolar B-30 menurut dirjen migas nomor 0234.K/DJM.S/2019 adalah minimal 815 kg/m³ dan maksimal 880 kg/m³. Densitas akan berpengaruh terhadap hasil akhir pengujian *flash point*. Jika densitas suatu sampel tinggi maka hasil akhir

pengujian *flash point* menjadi tinggi, begitu pula sebaliknya jika densitas suatu sampel rendah maka hasil akhir pengujian *flash point* menjadi rendah.

Tekanan

Salah satu faktor yang mempengaruhi tekanan yaitu suhu. Tekanan berpengaruh terhadap hasil akhir pengujian *flash point*, apabila tekanan pada *test cup* naik akibat penguapan, maka sampel menjadi lebih mudah untuk terbakar sehingga didapat nilai *flash point* yang rendah.

Variabel Proses *Total Acid Number* (TAN) Pada Sampel Solar *Blending Feedstock*

Variabel proses pengujian *Total Acid Number* (TAN) yaitu reaksi oksidasi yaitu reaksi pengikatan oksigen oleh suatu zat. Pada pengujian *Total Acid Number* (TAN) sampel ditempatkan pada wadah terbuka, memungkinkan terjadinya kontak dengan oksigen. Hal ini yang mengakibatkan *Total Acid Number* (TAN) meningkat.

Nilai *Flash Point* pada Sampel Biosolar B-30

Berikut adalah hasil pengujian *flash point* pada sampel biosolar B-30 menggunakan alat *flash point pensky-martens closed cup* otomatis:

Tabel 1 Hasil Pengujian *Flash Point* pada Sampel Biosolar B-30

Sampel	Suhu Sampel (°C)	Densitas (Kg/m ³)	Suhu Min <i>Flash Point</i> (°C)	Faktor Koreksi Alat (°C)	Tekanan Udara (mbar)	Hasil Akhir Nilai <i>Flash Point</i> (°C)
1	26	849	52	50	937	52,0
2	25	849	52	51	937	53,0
3	25	851	52	60	937	62,0
4	24	851	52	63	937	65,0
5	25	850	52	57	937	59,0
6	25	850	52	56	937	58,0
7	25	850	52	58	937	60,0

(Sumber: PT Pertamina (Persero) Laboratorium Fuel Terminal BBM)

Berdasarkan **Tabel 1** hasil pengujian *flash point* pada sampel biosolar B-30 bahwa pada rentang suhu sampel antara 24°C sampai dengan 26°C semakin rendah suhu maka nilai *flash point* menjadi tinggi, sedangkan semakin tinggi suhu maka nilai *flash point* menjadi rendah. Dapat diartikan bahwa pengaruh suhu dengan nilai *flash point* yaitu berbanding terbalik. Didapat hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa densitas tertinggi diperoleh pada sampel 3 dan 4 yaitu 851 kg/m³ dan densitas terendah diperoleh pada sampel 1 dan 2 yaitu 849 kg/m³. Dapat diambil kesimpulan dari data pada **Tabel 1** bahwa densitas yang tinggi maka hasil pengujian *flash point* biosolar menjadi tinggi.

Tabel 2 Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Campuran Biodiesel 30% (B-30) dengan Angka Setana (CN) 48

No	Karakteristik	satuan	Batasan		Metode Uji	
			min	max	ASTM	Lainya
1	Titik nyala	°C	52	-	D93	-
2	Bilangan Asam Total	mg KOH/gr	-	0,6	D664	-
3	Densitas	Kg/m ³	815	880	D4052 / D1298	-

(Sumber : Keputusan Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 0234.K/10/DJM.S/2019)

Hasil pengujian flash point pada sampel biosolar B-30 dibandingkan dengan Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 0234.K/DJM.S/2019 tentang standar dan mutu spesifikasi bahan bakar minyak jenis solar campuran biodiesel 30% (B-30) menunjukkan *flash point* yaitu pada sampel 1 sampai dengan sampel 7 nilai *flash point* yang paling tinggi mutunya dihasilkan dari sampel 4 yaitu dengan nilai *flash point* 65,0°C, sedangkan nilai *flash point* yang paling rendah mutunya dihasilkan dari sampel 1 yaitu dengan nilai *flash point* 52°C. Mengacu pada standar tersebut maka nilai *flash point* minimal yaitu 52°C, maka hasil pengujian *flash point* menggunakan alat *flash point pensky-martens closed cup* otomatis pada **Tabel 1 on spec** dan dapat di distribusikan.

Nilai Total Acid Number (TAN) pada Sampel Solar Blending Feedstock C

Berikut adalah hasil pengujian TAN dari sampel solar *blending feedstock c* menggunakan alat *automatic potentiometric titrator* AT – 710:

Tabel 3 Hasil Pengujian Total Acid Number (TAN) pada Sampel Solar Blending Feedstock C Menggunakan Alat Automatic Potentiometric Titrator AT – 710

Sampel	Waktu titrasi	Berat Sampel (gram)	Volume	Potensial (Mv)	Concentrat Hasil Akhir
			(VL)		(mg KOH/gr)
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:06:25	183,330	0,2427	-233,8	0,05610
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:05:51	196,660	0,2945	-302,4	0,06708
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:05:19	165,990	0,2229	-269,5	0,05527
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:06:26	168,330	0,2373	-295,0	0,05930
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:06:18	189,000	0,2603	-287,3	0,05964
Solar + Feedstock C 0,2 %	0:07:04	169,000	0,4611	-284,1	0,13337

(Sumber :PT. Pertamina (Persero) Laboratorium Fuel Terminal BBM Bandung Group – Ujungberung)

Berdasarkan pada tabel 3 hasil pengujian tersebut maka kandungan *Total Acid Number* (TAN) yang paling tinggi yaitu 0,06708 mg KOH/gr dihasilkan oleh sampel solar+*feedstock C* 0,2%, sedangkan kandungan *Total Acid Number* (TAN) yang paling rendah yaitu 0,05527 mg KOH/gr dihasilkan oleh sampel solar+*feedstock C* 0,3%. Sampel yang memiliki kandungan *Total Acid Number* (TAN) yang tinggi kemungkinan terjadi kontak dengan oksigen lebih lama. Solar *blending feedstock C* dengan maksimal rasio *blending* 0,5% patokan spesifikasi pemeriksaannya yaitu menggunakan Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 28.K/10/DJM.T/2016 tentang standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis solar 48.

Berikut tabel Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 28.K/10/DJM.T/2016 tentang standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis solar 48.

Tabel 4 Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 48

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			MIN	MAKS	ASTM	Lainnya
1.	Titik Nyala	°C	52	-	D 93	-
2.	Bilangan Asam Total	mg KOH/gr	-	0,6	D 664	-

(Sumber: Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi nomor 28.K/10/DJM.T/2016)

Setelah dibandingkan (Tabel 4) maka hasil pengujian *Total Acid Number* (TAN) yang paling tinggi mutunya dihasilkan dari sampel solar+*feedstock C* 0,3% dengan hasil akhir yaitu 0,05527 mg KOH/gr, sedangkan nilai *Total Acid Number* (TAN) yang paling rendah mutunya dihasilkan dari sampel solar+*feedstock C* 0,2% dengan hasil akhir yaitu 0,06708 mg KOH/gr. Sampel solar murni digunakan untuk acuan sampel solar *blending feedstock C*. Mengacu pada standar tersebut maka nilai *Total Acid Number* (TAN) maksimal yaitu 0,6 mg KOH/gr, maka hasil pengujian *Total Acid Number* (TAN) menggunakan alat *automatic potentiometric titrator* AT – 710 pada **Tabel 3 on spec** dan dapat di distribusikan.

KESIMPULAN

Pengujian *Flash Point* pada Sampel Biosolar B-30 dan Pengujian *Total Acid Number* (TAN) pada Sampel *Feedstock C* menghasilkan kesimpulan yaitu variabel proses yang mempengaruhi pengujian *flash point* pada sampel biosolar B-30 adalah suhu, densitas dan tekanan. Sedangkan variabel proses yang mempengaruhi pengujian *Total Acid Number* (TAN) pada sampel *feedstock C* adalah reaksi oksidasi. Berdasarkan hasil dari pengujian *flash point* yang paling tinggi nilai *flash point* nya adalah sampel 4 dengan nilai 65,0°C, sedangkan hasil dari pengujian *flash point* yang paling rendah nilai *flash point* nya adalah sampel 1 dengan nilai 52,0°C. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi *baseline* penelitian selanjutnya dengan sampel yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT “X” Laboratorium Fuel Terminal BBM Bandung Group- Ujung Berung yang telah berkenan untuk dilakukan pengambilan data, Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Akamigas Balongan yang telah memfasilitasi dalam penelitian ini serta pihak – pihak yang terlibat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A, Isalmi, dkk, *Pembuatan Produk Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transerifikasi*, Valensi, Vol,2 No,3, Hal 443 dan 447, 2011.
- [2] A, Susila, dkk, *Pembuatan Metil Ester Asam Lemak Dari CPO Off Grade Dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi*, Jurnal Teknik Kimia, Vol,15 No,2, Hal 37-38, 2008.
- [3] C, D, Audri, *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar, Biosolar dan Pertamina Dex Terhadap Prestasi Motor Diesel Silinder Tunggal*, 2017.
- [4] Darmanto, dkk, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi II-Oktober 2017- Terbit 64 Halaman, Hal 70-71, *Analisa Biodiesel Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Minyak Diesel*, Traksi, Vol,4 No,2, Hal 64, 2006.
- [5] Dewi, dkk, *Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi*, UNESA Journal Of Chemistry, Vol,1 No,2, Hal 51-52, 2012.
- [6] D. S. Untung, dkk, *Analisa Kinerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Campuran Solar Dan Minyak Plastik*, Jurnal Teknik Mesin Univ, Muhammadiyah Metro, Vol,7 No,1, Hal 109, 2018.
- [7] H, Ahmad, *Teknologi Minyak Bumi*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2013, *Proses Pengolahan Migas dan Petrokimia*, Jakarta, 2001.
- [8] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 48*, Hal 4, 2016.
- [9] Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Campuran Biodiesel 30% (B-30) dengan Angka Setana (CN) 48 yang dipasarkan dalam Negeri*, Hal 5, 2019.
- [10] K. Zulfa, Dkk, *Angka Asam dan Peroksida Minyak Jelantah dari Penggorengan Lele Secara Berulang*, Jurnal Kesehatan, Vol, 12 No,2, Hal 88, 2019.
- [11] Kristanto, dkk, *Pengaruh Suhu dan Tekanan Udara Masuk Terhadap Kinerja Motor Diesel Tipe 4 JA 1*, 2000.

- [12] L. Lia dan Listiana Oktavia Jurnal Teknik Mesin, Vol,2 No,2, Hal 13, *Kaji Eksperimen Angka Asam dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit dari PT Smart Tbk*, Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri, Vol,2 No,1, Hal: 29-30, 2017.
- [13] M. C. P. Wahyu, dkk, *Studi Perbandingan Metode Pengujian Tan (Total Acid Number) Pltgu Dengan Astm D-974*, Distilat Jurnal Tekonologi Separasi, Vol,6 No,2, Hal 452-453, 2020.
- [14] Milatu, *Kumpulan Metoda Analisa Laboratorium UP – I*, Pangkalan Berandan, 1982.
- [15] N. T. Diana, Dkk, 2017, *Pengaruh Blending Minyak Nabati Pada Pelumas Dari Minyak Mineral Terhadap Stabilitas Oksidasi dan Ketahanan Korosi Logam*, KONVERSI, Vol,6 No,1, Hal 8,
- [16] N. Muhammad, dkk, *Optimasi Blending Komponen LGO, Heavy Kero dan ADO Pembentuk Solar dan Kerosene Sebagai Pertadex di PT, Pertamina di RU II Dumai*, Jurnal Teknik Industri, Vol,1 No,2, Hal 127-128, 2015.
- [17] P. Daniel, *Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Minyak Pelumas*, Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha, Vol,1 No, 3, Hal: 163, 2012.
- [18] R. D. Putri, *Ekstrak Daun Ubi Jalar Ungu sebagai Antioksidan untuk Memperlambat Ketengikan (Ranciditas) pada Minyak Kelapa*, Lantanida Journal, Vol,6 No,2, Hal 121, 2018.
- [19] R. Imron, dkk, *Kajian Tentang Penggunaan Bahan Bakar Biosolar Murni dan Campurannya Menggunakan Minyak Jarak Pada Mesin Diesel Satu Silinder*, ISSN 2407-7852, Vol,2 No,2, Hal 66, Suprpto, Djoko, 2017, *Uji Laboratorium BBM – Avtur*, Jakarta, 2016.
- [20] Syarifudin dan Syaiful, *Daya dan Emisi Jelaga dari Mesin Diesel Berbahan Bakar Solar-Jatropha-Buthanol*, Jurnal Rekaya Mesin, Vol,14 No,3, Hal 142,2019.
- [21] Tim Supply & Distribution, *Bahan Bakar Minyak untuk Kendaraan Bermotor, Rumah Tangga, Industri dan Kapal*, Buku Pegangan untuk PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal BBM Bandung Group–Ujungberung, 2011.
- [22] Wahyudi, dkk, *Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Campuran Biodiesel Jarak dan Biodiesel Jelantah*, Jurnal Material dan Proses Manufaktur, Vol,3 No,1, Hal 39, 2019.
- [23] Wahyuni,dkk , *Pengaruh Suhu Proses Dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah*, Pillar Of Physics, Vol,6, Hal 34, 2015.