

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Biodiesel pada penelitian ini menggunakan bahan baku dari minyak jelantah yang didapatkan dari pedagang gorengan di Cilacap Kota. Minyak jelantah tersebut dilakukan beberapa variasi perlakuan yaitu minyak jelantah tanpa pemurnian, minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan proses *degumming*, dan minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan bioadsorben CaO. Bahan baku tersebut sebelum digunakan untuk pembuatan biodiesel dianalisis karakteristiknya dan selanjutnya dapat dilakukan pembuatan biodiesel.

Reaksi yang terjadi dalam pembuatan biodiesel yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi terjadi akibat dari mereaksikan asam lemak bebas dengan metanol yang dibantu oleh katalis asam. Esterifikasi menghasilkan produk berupa metil ester dan air, dimana metil ester berada dibagian atas air. Setelah terbentuk dua lapisan tersebut, metil ester dipisahkan dari air dan sisa-sisa katalis. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Hasil Proses Esterifikasi Biodiesel

Sedangkan reaksi transesterifikasi terjadi akibat mereaksikan hasil dari esterifikasi dengan metanol yang dibantu oleh katalis basa. Pada proses transesterifikasi menghasilkan produk berupa metil ester dan gliserol, dimana metil ester berada dibagian atas gliserol. Setelah terbentuk dua lapisan tersebut, metil ester dipisahkan dari gliserol dan sisa-sisa katalis. Dalam proses

transesterifikasi didapatkan hasil gliserol yang sangat sedikit yang mana lebih banyak sisa-sisa katalis. Dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2.** Hasil Proses Transesterifikasi Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan selanjutnya dilakukan analisis karakteristiknya berupa analisis rendemen, analisis densitas, analisis viskositas, analisis kadar air, analisis angka asam, analisis FTIR, dan analisis laju korosi lempeng tembaga.

#### **4.1 Analisis Karakteristik Minyak Jelantah**

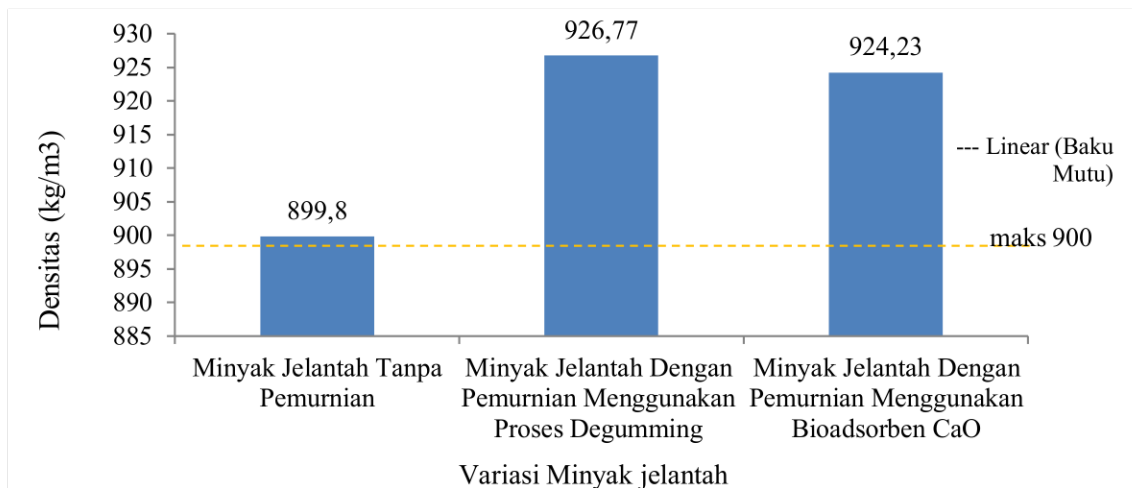
Analisis karakteristik minyak jelantah bertujuan untuk mengetahui kualitas minyak jelantah yang akan digunakan pada pembuatan biodiesel. Analisis minyak jelantah yang didapatkan selanjutnya dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3741:2013 tentang syarat mutu dan pengujian minyak goreng. Pada penelitian ini analisis karakteristik variasi minyak jelantah meliputi analisis viskositas, analisis densitas, analisis angka asam, analisis kadar air dan analisis gugus fungsi. Berikut hasil analisis karakteristik variasi minyak jelantah :

**Tabel 4. 1** Hasil Analisis Minyak Jelantah

No	Variasi Minyak Jelantah	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (cst)	Angka Asam (mgKOH/g)	Kadar Air (%)
1.	Minyak Jelantah Tanpa Pemurnian	899,8	71,44	6,171	0,2
2.	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Menggunakan Proses Degumming	926,77	3142,63	9,537	0,04
3.	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Menggunakan Bioadsorben CaO	924,23	2960,47	3,927	0,002
Baku Mutu		Maks. 900	-	Maks. 0,6	Maks. 0,15

#### 4.2.1 Analisis Densitas

Analisis densitas yang dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui densitas minyak jelantah tanpa perlakuan apapun dengan minyak jelantah setelah diberikan perlakuan degumming dan perlakuan penjerapan menggunakan bioadsorben CaO cangkang telur yang dilakukan proses kalsinasi pada suhu 800 °C selama 4 jam, yang mana bioadsorben CaO cangkang telur ini didapatkan dari penelitian. Adapun hasil analisis densitas dapat dilihat pada gambar 4.3

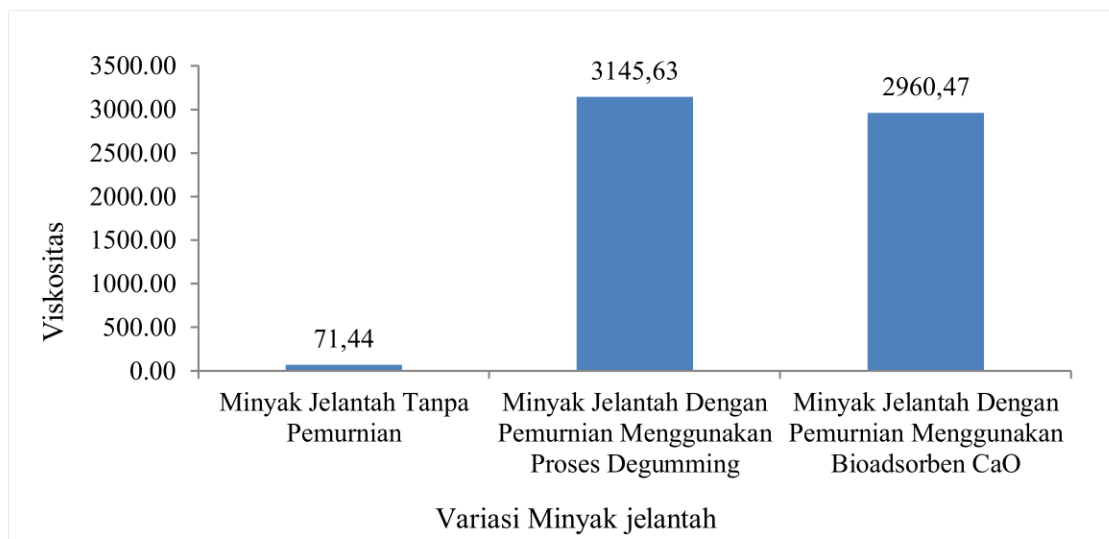
**Gambar 4. 3** Densitas Minyak Jelantah.

Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa densitas minyak jelantah tanpa pemurnian memenuhi baku mutu SNI 01-3741.1995 yaitu dibawah 900 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan, minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan proses

degumming dan minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan bioadsorben cangkang telur meningkat nilai densitasnya melebihi  $900 \text{ kg/m}^3$ . Namun, pada minyak tanpa pemurnian memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming dan minyak jelantah yang dijerap dengan bioadsorben yaitu sebesar  $900 \text{ kg/m}^3$ . Terjadinya peningkatan nilai densitas minyak jelantah pada proses degumming disebabkan oleh adanya penambahan asam fosfat sebanyak 1% dari volume minyak jelantah. Penambahan asam fosfat ini menyebabkan minyak jelantah mengalami pengenceran sehingga terjadi peningkatan nilai densitasnya.

#### 4.2.2 Analisis Viskositas

Analisis viskositas dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekentalan suatu zat cair. Adapun hasil analisis viskositas biodiesel dapat dilihat pada gambar 4.4.



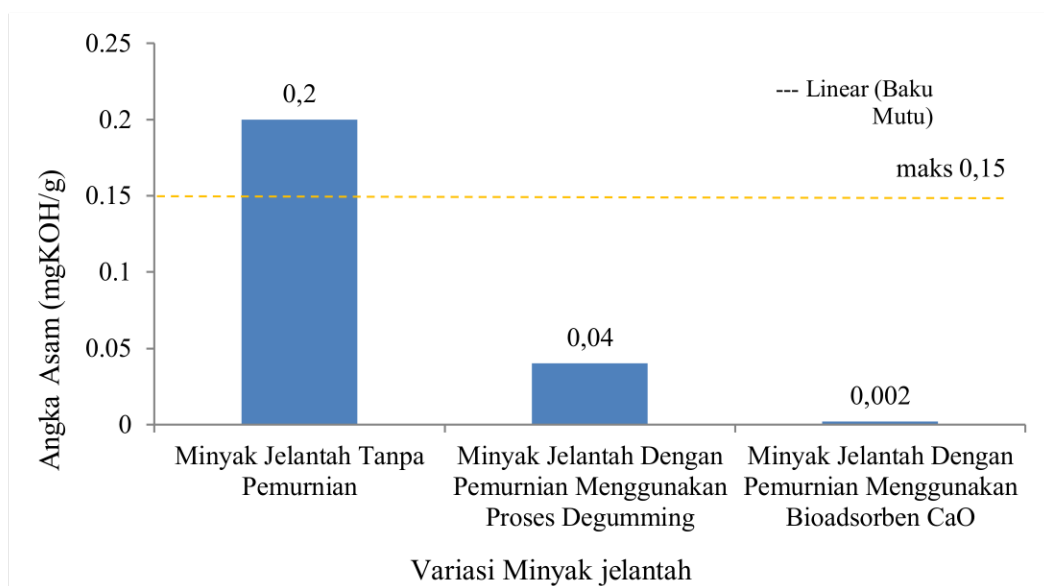
**Gambar 4. 4** Viskositas Minyak Jelantah.

Berdasarkan gambar 4.4 didapatkan viskositas tertinggi minyak jelantah tertinggi didapatkan pada sampel minyak jelantah dengan penambahan proses degumming. Sedangkan viskositas minyak jelantah terendah didapatkan pada sampel minyak jelantah tanpa pemurnian. Rendahnya viskositas dapat dipengaruhi oleh suhu. Semakin tingginya suhu maka semakin kecil viskositas zat tersebut (Damayanti dkk., 2018). Hal ini dapat dilihat pada minyak jelantah dengan proses

degumming menggunakan suhu 50°C dan minyak jelantah dijerap bioadsorben menggunakan suhu 90°C, maka nilai viskositasnya minyak jelantah dengan proses degumming lebih tinggi dibandingkan minyak jelantah dijerap bioadsorben.

#### 4.2.3 Analisis Angka Asam

Analisis angka asam dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas di dalam minyak (Khoirunnisa dkk., 2020). Metode yang dilakukan dalam analisis ini yaitu dengan metode titrasi yang mengacu pada SNI 01-3741.1995. Adapun hasil analisis angka asam dapat dilihat pada gambar 4.5.



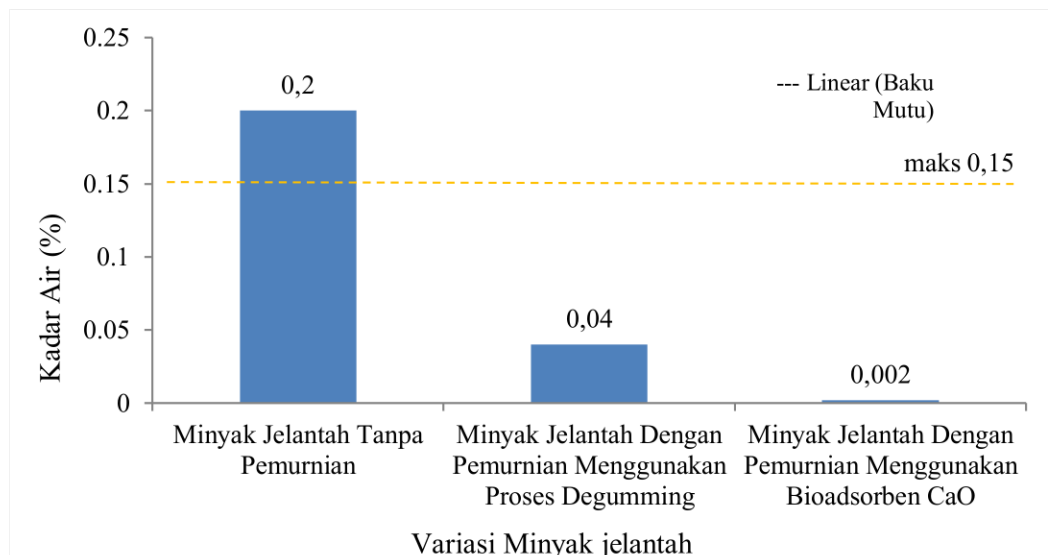
**Gambar 4. 5** Angka Asam Minyak Jelantah.

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa angka asam minyak jelantah tanpa pemurnian, minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming dan minyak jelantah yang dijerap dengan bioadsorben tidak memenuhi baku mutu SNI 3741.2013 yaitu sebesar 0,6 mg/KOH. Tingginya angka asam diakibatkan adanya reaksi berupa hidrolisis, dimana air dan uap air akan menghidrolisis trigliserida pada suhu yang tinggi yang membentuk asam lemak bebas. Hal ini mengakibatkan bau tengik pada minyak jelantah tersebut (Khoirunnisa dkk., 2020). Pada proses degumming terjadi peningkatan angka asam hingga mencapai 9.537 mgKOH/gr. Hal ini disebabkan pada proses degumming dilakukan proses

penambahan asam fosfat yang berfungsi untuk mengurangi kotoran yang berupa protein, fosfolipid, dan gum sebagainya (Mayalibit et al., 2020). Penambahan asam fosfat inilah yang menyebabkan angka asam pada minyak jelantah degumming mengalami peningkatan yang cukup signifikan hingga 54,55%. Disisi lain, minyak jelantah yang dilakukan proses penjerapan menggunakan bioadsorben CaO cangkang telur sebanyak 60 gr per 1 L minyak jelantah dapat menurunkan angka asam hingga 36,36%. Hal ini dapat membuktikan bahwa bioadsorben CaO dari cangkang telur mampu menurunkan angka asam yang signifikan.

#### 4.2.4 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air di dalam minyak jelantah menggunakan metode gravimetri. Metode ini bertujuan menghitung jumlah air di dalam minyak jelantah dengan cara menimbang berat awal minyak sebelum dipanaskan dan setelah minyak dipanaskan (Ulfindrayani & A'yuni, 2018). Adanya air yang terdapat pada minyak jelantah akan mengakibatkan reaksi hidrolisis yang dapat mengubah minyak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini dapat menyebabkan bau yang tidak sedap (rancidity), flavor yang didapatkan dari hidrolisis dan bau tengik pada minyak (Andalia & Pratiwi, 2018). Adapun hasil analisis kadar air dapat dilihat pada gambar 4.6.



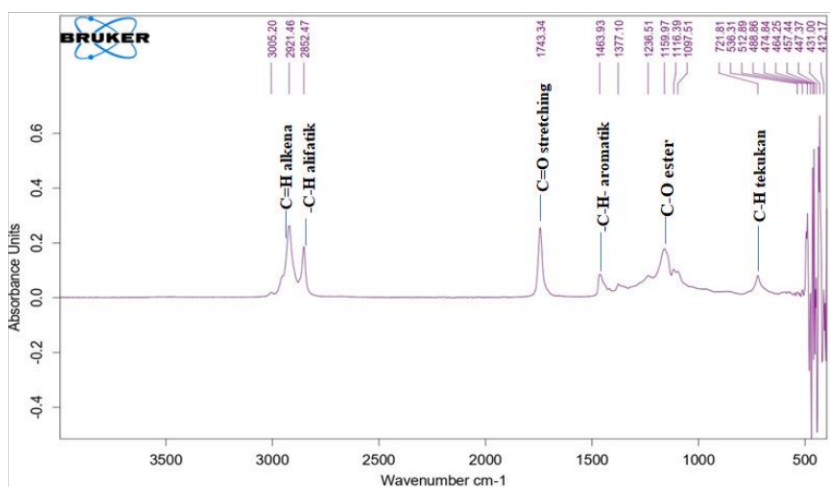
**Gambar 4. 6** Kadar Air Minyak Jelantah.

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa kadar air minyak jelantah tanpa pemurnian melebihi baku mutu SNI 3741:2013 yaitu maksimal 0,15 %, sedangkan minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming dan minyak jelantah yang dijerap dengan bioadsorben memenuhi baku mutu SNI 3741:2013 dibawah 0,15%. Minyak jelantah yang dilakukan proses degumming mampu menurunkan kadar air minyak jelantah sebesar 80%. Proses penurunan kadar air minyak jelantah pada proses degumming dikarenakan pada proses ini terjadi pemanasan pengadukan dan pemanasan pada suhu 50°C selama 1 jam sehingga kadar air yang terdapat pada minyak jelantah mengalami penguapan. Selain itu, pada proses ini terjadi pemisahan antara minyak dan kotoran yang berupa gum, fosfolipid dan lain-lainnya yang mana sebagian dari air yang terdapat pada minyak jelantah terperangkap pada kotoran tersebut (Mayalibit dkk., 2020).

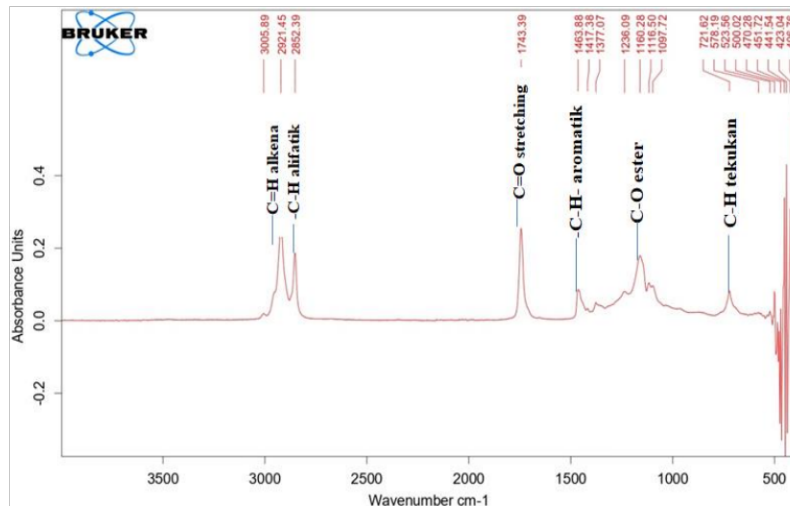
Pada minyak jelantah yang dilakukan proses penjerapan menggunakan bioadsorben CaO dari cangkang telur, terjadi penurunan kadar air yang sangat signifikan yaitu 99%. Hal ini juga sejalan pada kemampuan bioadsorben CaO yang mampu menurunkan angka asam yang baik hingga 36,36%.

#### 4.2.5 Analisis Gugus Fungsi

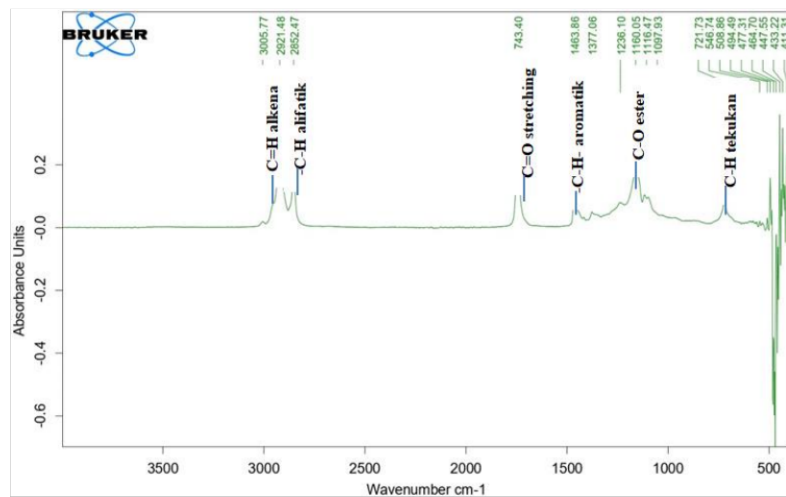
Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam minyak jelantah. Adapun hasil analisis gugus fungsi dapat dilihat pada gambar 4.7.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4. 7** Gugus Fungsi Minyak Jelantah. **(a)** Minyak Jelantah tanpa Pemurnian, **(b)** Minyak Jelantah dengan Permurnian Proses Degumming, **(c)** Minyak Jelantah Penjerapan Bioadsorben.

Hasil analisis gugus fungsi semua sampel minyak jelantah menunjukkan adanya gugus fungsi C–H gugus vinyl/alkena pada panjang gelombang 3000 – 3100  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi –C–H alifatik pada panjang gelombang 2850 – 2950  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C=O *stretching(carbonil) ester* pada panjang gelombang 1720 – 1740  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi –C–H aromatik tekukan pada panjang gelombang 1300 – 1475  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C–O ester pada panjang



gelombang 1150 – 1250  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), dan gugus fungsi C–H tekukan pada panjang gelombang 650 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013).

Hasil analisis gugus fungsi C–H vinyl/alkena pada panjang gelombang 3000 – 3100  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi –C–H alifatik pada panjang gelombang 2850 – 2950  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C=O *stretching(carbonil) ester* pada panjang gelombang 1720 – 1740  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi -C-H aromatik tekukan pada panjang gelombang 1300 – 1475  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C-O *ester* pada panjang gelombang 1150 – 1250  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), dan gugus fungsi C–H tekukan pada panjang gelombang 650 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), terdapat pada semua sampel minyak jelanta yaitu pada sampel minyak jelantah tanpa pemurnian, minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming, dan minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben CaO cangkang telur. Rangkuman dari gugus fungsi minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Gugus Fungsi pada Variasi Bahan Baku Biodisel

No	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			
		Rentang	Minyak Jelantah Tanpa Pemurnian	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Proses Degumming	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Bioadsorben
1.	C-H gugus vinyl/alkena	3000-3100 Astam dkk., (2019)	3005.20	3005.89	3005.77
2.	-C-H gugus alifatik	2850-2950 Aksara dkk., (2013)	2921.46 ; 2852.47	2921.45 ; 2852.39	2921.48 ; 2852.47
3.	C=O <i>stretching (carbonil) ester</i>	1720-1740 Astam dkk., (2019)	1743.34	1743.39	1743.40
4.	-C-H aromatik tekukan	1300 – 1475 Aksara dkk., (2013)	1463.93 ; 1377.10	1463.88 ; 1377.07	1463.86 ; 1377.06
5.	C-O <i>ester</i>	1150 – 1250	1236.51 ;	1236.09 ;	1236.10 ;

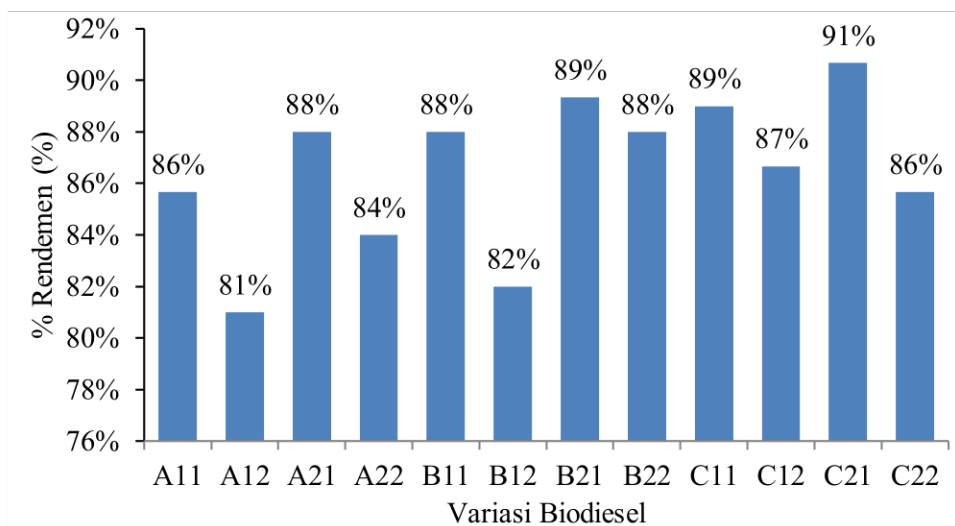
No	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )			
		Rentang	Minyak Jelantah Tanpa Pemurnian	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Proses Degumming	Minyak Jelantah Dengan Pemurnian Bioadsorben
		Astam dkk., (2019)	1159.97 ; 1116.39	1160.28 ; 1116.50 ;	1160.05 ; 1116.47
6.	C – H tekukan	650 – 1000 Aksara dkk., ( 2013)	721.81	721.62	721.73

## 4.2 Analisis Biodiesel

Setelah menganalisis karakteristik pada masing-masing bahan baku pembuatan biodiesel, selanjutnya dilakukan proses pembuatan biodiesel pada masing-masing variasi bahan baku yang berupa minyak jelantah tanpa pemurnian, minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming, dan minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben CaO cangkang telur. Biodiesel yang didapatkan selanjutnya dilakukan analisis yang berupa analisis rendemen, analisis densitas, analisis viskositas, analisis angka asam, analisis kadar air, dan analisis laju korosi lempeng tembaga.

### 4.2.1 Analisis Rendemen

Analisis rendemen pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas pada produk yang dihasilkan masing-masing bahan baku yang digunakan. Selain itu, analisis rendemen bertujuan untuk mengetahui pada proses mana akan menghasilkan produk biodiesel yang lebih banyak dan produk samping yang lebih sedikit. Adapun hasil analisis persen rendemen dapat dilihat pada gambar 4.8.



**Gambar 4. 8** Persen Rendemen Biodiesel pada masing-masing variasi.

Berdasarkan gambar 4.8 dapat diketahui bahwa % rendemen biodiesel tertinggi pada sampel A21 yang menggunakan bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian sebesar 88%. Sedangkan, persen rendemen biodiesel terendah pada sampel A12 yang menggunakan bahan baku minyak jelantah didapatkan sebesar 81%. Namun dari semua variasi sampel didapatkan % rendemen yang > 80%.

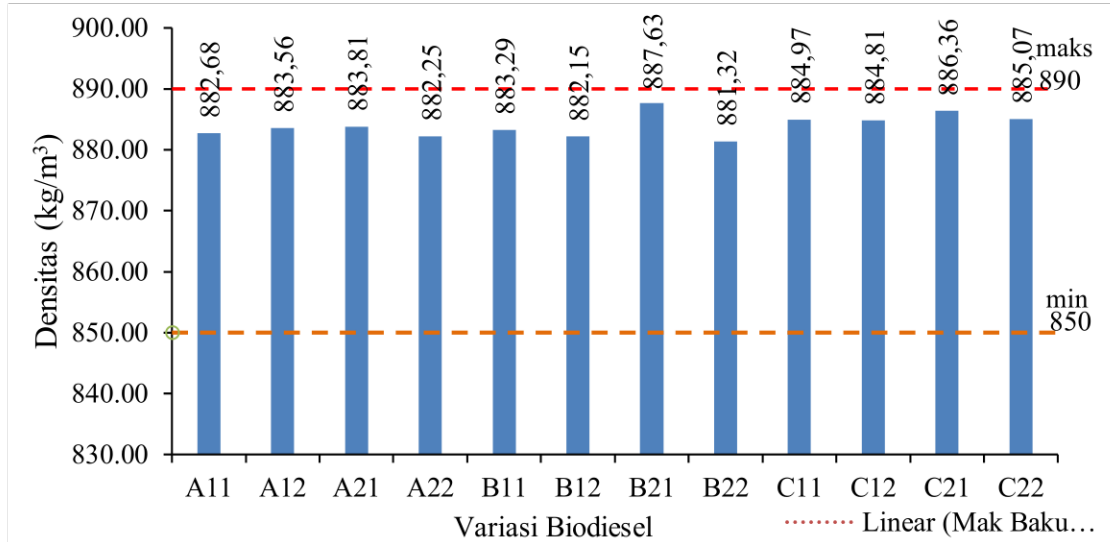
Persen rendemen biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B21 sebesar 89%. Sedangkan, persen rendemen biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B12 sebesar 82%.

Persen rendemen biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C21 sebesar 91%. Sedangkan, persen rendemen biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C22 sebesar 86%.

Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan persen rendemen tertinggi pada sampel C21 sebesar 91% dengan proses esterifikasi 1% dan transesterifikasi 0,5%. Sedangkan, persen rendemen terendah didapatkan pada sampel A12 proses esterifikasi 0,5% dan transesterifikasi 1%. Tingginya persen rendemen biodiesel dipengaruhi oleh sedikitnya katalis basa yang digunakan. Jika semakin kecil persen katalis basa yang digunakan, maka akan semakin besar persen rendemen yang dihasilkan (Mudia dkk., 2020).

#### 4.2.2 Analisis Densitas

Analisis densitas yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekentalan zat cair. Adapun hasil analisis densitas dapat dilihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4. 9** Densitas Biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa densitas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A21 sebesar 883,81 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan, densitas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A22 sebesar 882,25 kg/m<sup>3</sup>.

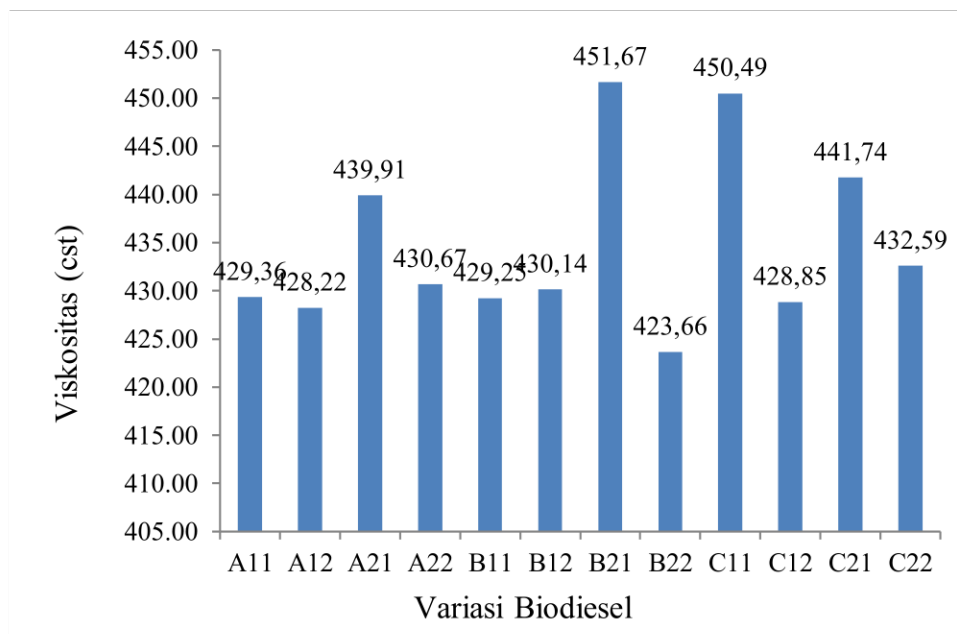
Densitas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B21 sebesar 887,63 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan, densitas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B22 sebesar 881,32 kg/m<sup>3</sup>.

Densitas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C21 sebesar 886,36 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan, densitas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C12 sebesar 884,81 kg/m<sup>3</sup>.

Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan densitas tertinggi pada sampel B21 yaitu sebesar 887.63 kg/m<sup>3</sup> sedangkan densitas terendah didapatkan pada sampel B22 yaitu sebesar 881.32 kg/m<sup>3</sup>. Semua sampel biodiesel sesuai dengan SNI 7182 : 2015. Nilai densitas sesuai dengan SNI dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna untuk mesin diesel (Nenobahan dkk., 2020). Sedangkan nilai densitas yang melebihi standar SNI dapat menyebabkan reaksi pembakaran yang tidak sempurna berpengaruh pada tingginya emisi dan keausan mesin pada diesel (Hadrah dkk., 2018). Pada saat proses pencucian, densitas biodiesel menurun dikarenakan air akan mengikat sisa-sisa gliserol yang terkandung dalam biodiesel (Mudia dkk., 2020).

#### 4.2.3 Analisis Viskositas

Analisis viskositas dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekentalan suatu zat cair. Adapun hasil analisis viskositas biodiesel dapat dilihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4. 10** Viskositas Biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.10 dapat diketahui bahwa viskositas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan hasil pada sampel

A21 sebesar 439,91 cst. Sedangkan, viskositas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A12 sebesar 428,22 cst.

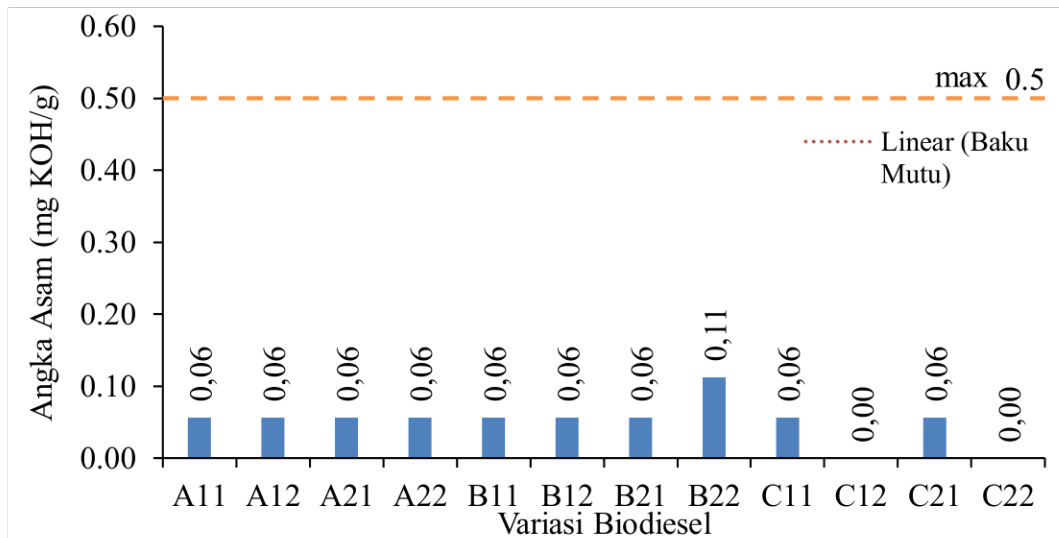
Viskositas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B21 sebesar 451,67 cst. Sedangkan, viskositas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B22 sebesar 423,66 cst.

Viskositas biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C11 sebesar 450,49 cst. Sedangkan, viskositas biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C12 sebesar 428,85 cst.

Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan viskositas tertinggi pada sampel B21 yaitu sebesar 451,67 cst. sedangkan viskositas terendah didapatkan pada sampel B22 yaitu sebesar 423,66 cst. Seluruh sampel biodiesel untuk viskositasnya tidak sesuai dengan SNI 7182 : 2015. Nilai viskositas berbanding lurus dengan densitas, dapat dilihat dari nilai tertinggi dan terendahnya pada sampel yang sama. Hubungan antara viskositas dan densitas yaitu semakin tingginya densitas antarmolekul maka gaya kohesi yang bekerja pada minyak semakin besar sehingga viskositas minyak semakin tinggi, begitu pula sebaliknya (Mudia dkk., 2020). Viskositas yang sangat rendah dapat menyebabkan pompa injeksi bahan bakar bocor, dan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kecepatan kerja injektor dan mempersulit pengabutan pada bahan bakar (Hanafie dkk., 2017).

#### **4.2.4 Analisis Angka Asam**

Analisis angka asam biodiesel pada penelitian ini sesuai dengan SNI 7182:2015 Analisis angka asam bertujuan untuk mengukur banyaknya asam lemak bebas di dalam biodiesel (Nenobahan dkk., 2020). Adapun hasil analisis densitas dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4. 11** Angka Asam Biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.11 dapat diketahui bahwa angka asam biodiesel pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan hasil yang sama yaitu 0.06 mgKOH/g. Angka asam tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B22 sebesar 0,11 mgKOH/g. Sedangkan, angka asam biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B11, B12 dan B21 sebesar 0,06 mgKOH/g.

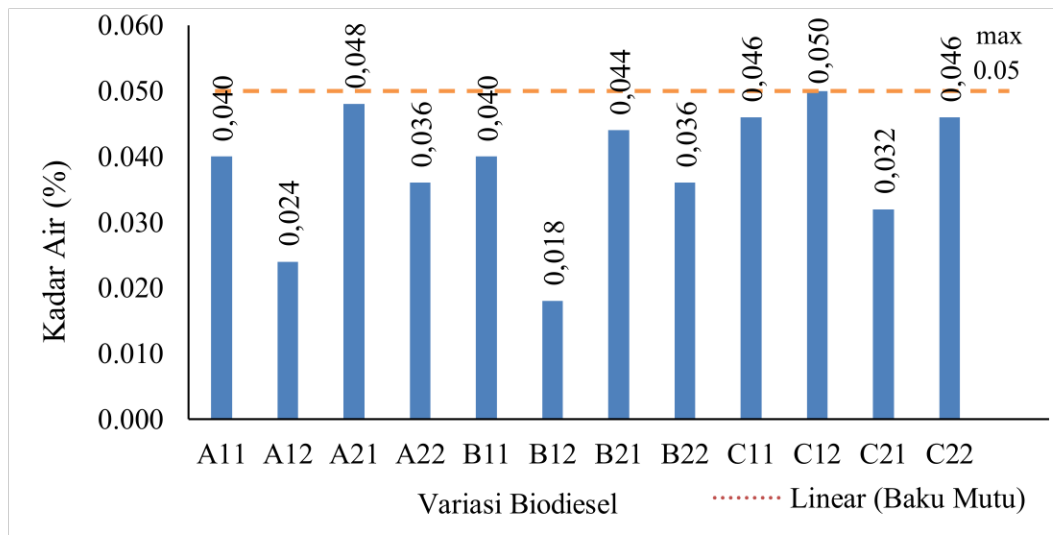
Angka asam biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C11 dan C21 sebesar 0,06 mgKOH/g. Sedangkan, angka asam biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C12 dan C22 sebesar 0 mgKOH/g.

Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan bahwa angka asam biodiesel semua sampel telah memenuhi SNI 7182:2015 yaitu sebesar 0,5 mgKOH/g. Angka asam tertinggi dari semua variasi bahan baku didapatkan pada sampel B22 yaitu sebesar 0,11 mgKOH/g. Sedangkan angka asam terendah didapatkan pada sampel C12 dan C22 yaitu sebesar 0 mgKOH/g. Angka asam yang rendah dalam biodiesel dikarenakan asam lemak yang terkandung di dalam biodiesel yang bereaksi penuh dengan katalis asam. Sedangkan, tingginya angka asam dipengaruhi oleh reaksi hidrolisis pembuatan biodiesel pada saat proses

transesterifikasi dimana asam lemak akan bereaksi dengan KOH. Hal ini menyebabkan kerak pada injektor sehingga mesin injektor diesel akan tersumbat dan bersifat korosif (Suleman dkk., 2019).

#### 4.2.5 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air biodiesel dalam penelitian ini menggunakan metode gravimetri. Metode ini bertujuan mengukur jumlah air pada biodiesel dengan cara menimbang berat biodiesel awal sebelum dipanaskan dan setelah biodiesel dipanaskan (Ulfindrayani & A'yuni, 2018). Adapun hasil analisis kadar dapat dilihat pada gambar 4.12.



**Gambar 4. 12** Kadar Air Biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.12 dapat diketahui bahwa kadar air biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A21 sebesar 0,048%. Sedangkan, kadar air biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel 0,024%.

Kadar air biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B21 sebesar 0,044%. Sedangkan, kadar air biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B12 sebesar 0,018 %.

Kadar air biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C11 sebesar

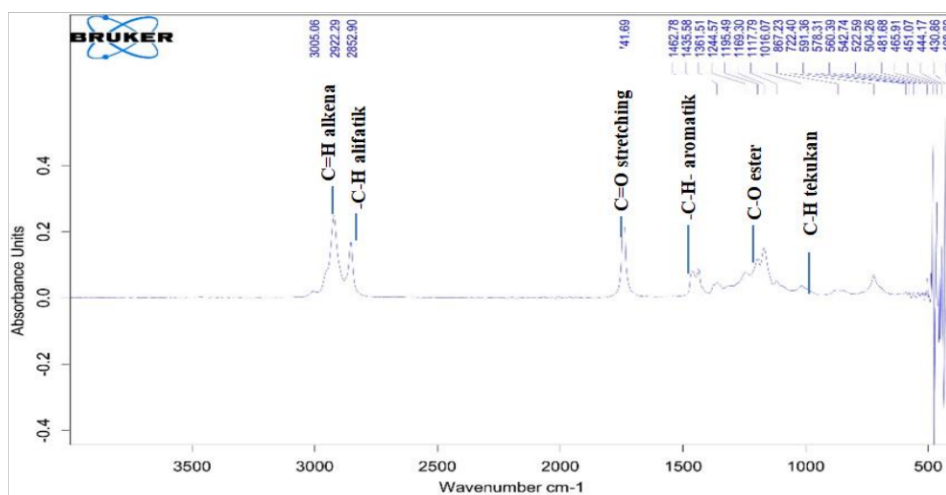


0,05%. Sedangkan, kadar air biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C21 sebesar 0,032%.

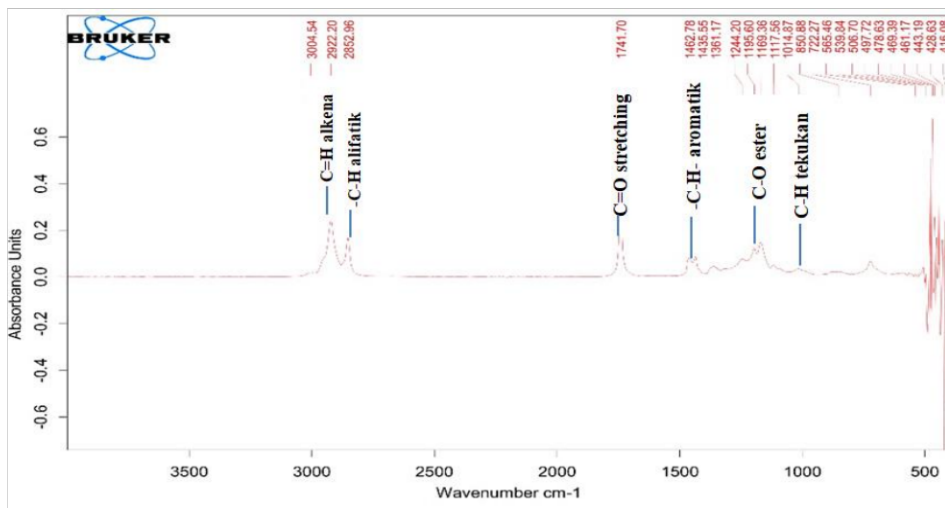
Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan kadar air biodiesel seluruh sampel memenuhi baku mutu SNI 7182:2015 yaitu sebesar 0,05 %. Kadar air biodiesel tertinggi terdapat pada sampel C12 yaitu sebesar 0,05%. Kadar air biodiesel terendah terdapat pada sampel B12 yaitu sebesar 0,018%. Semakin kecil persen kadar air di dalam biodiesel maka kualitasnya akan semakin baik karena akan memperkecil terjadinya hidrolisis yang mengakibatkan kenaikan pada kadar asam lemak bebas. Sedangkan apabila kadar air yang didapatkan tinggi maka akan berpengaruh pada kualitas dari metil ester. Hal ini menyebabkan kemampuan biodiesel untuk terbakar itu akan berkurang karena adanya kandungan air di dalam biodiesel. Kandungan air ini bersifat korosif dan dapat juga menyebabkan panas pembakaran turun, serta apabila bereaksi dengan sulfur akan berbusa karena membentuk asam (Ishaq dkk., 2021).

#### 4.2.6 Analisis Gugus Fungsi

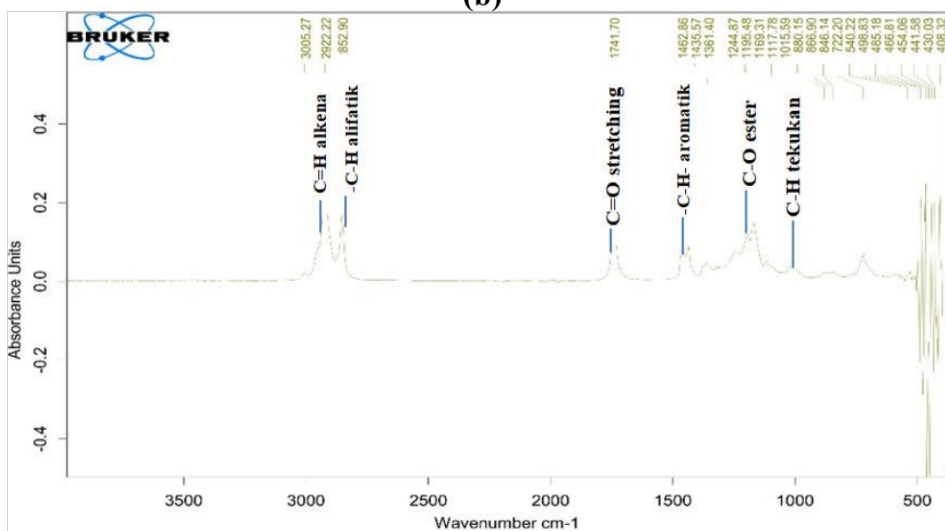
Analisis gugus fungsi dilakukan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam biodiesel. Adapun hasil analisis gugus fungsi biodiesel dapat dilihat pada gambar 4.14.



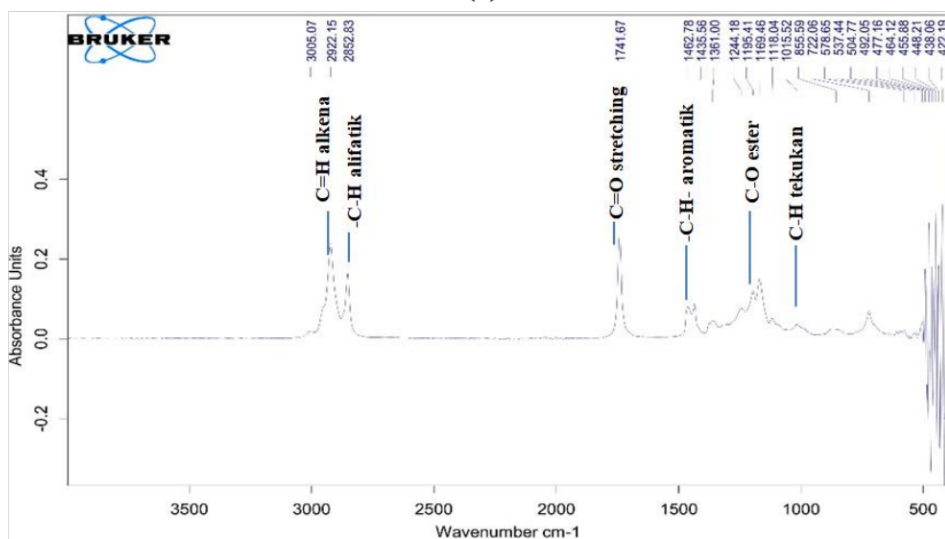
(a)



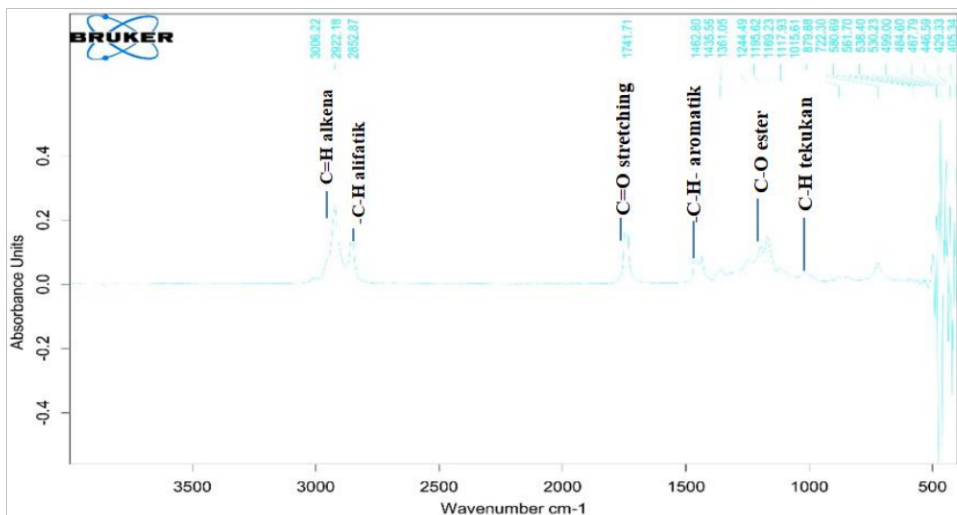
(b)



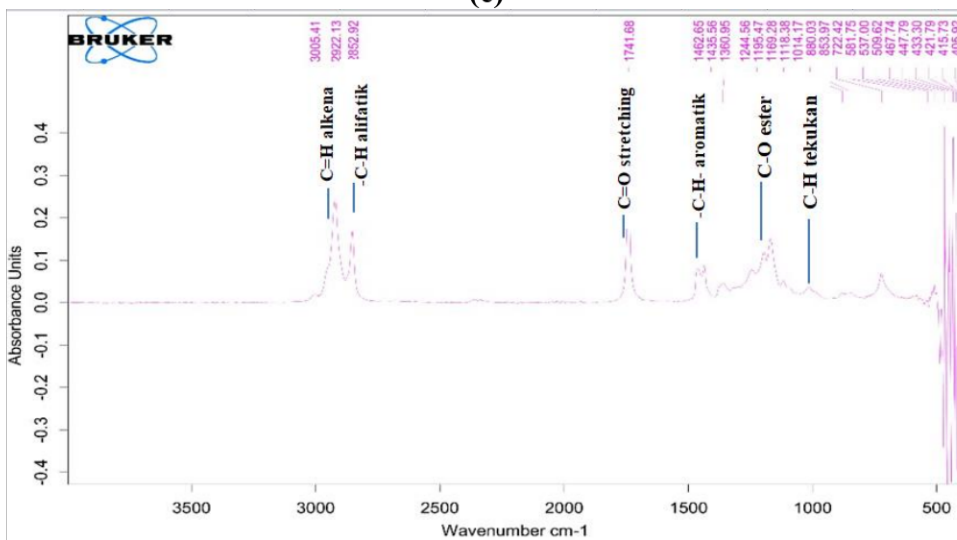
(c)



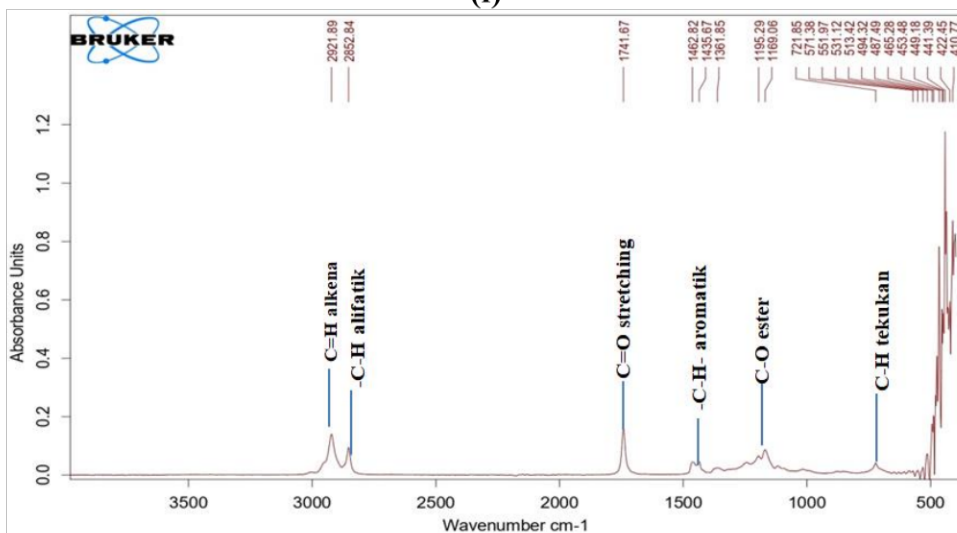
(d)



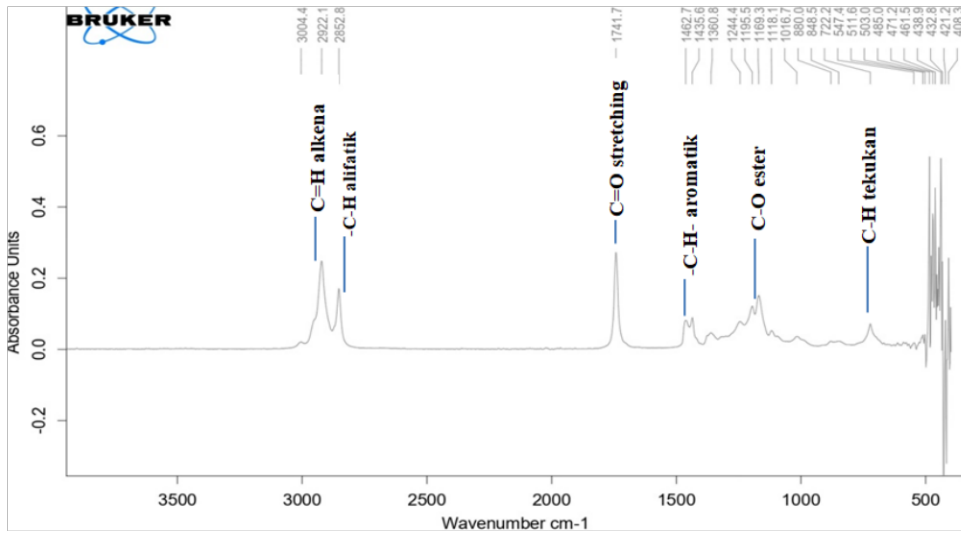
(e)



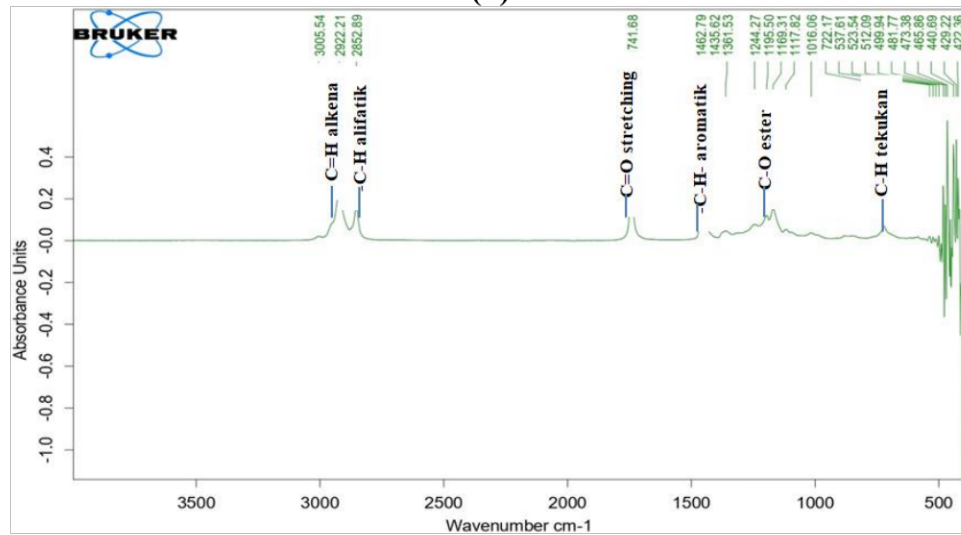
(f)



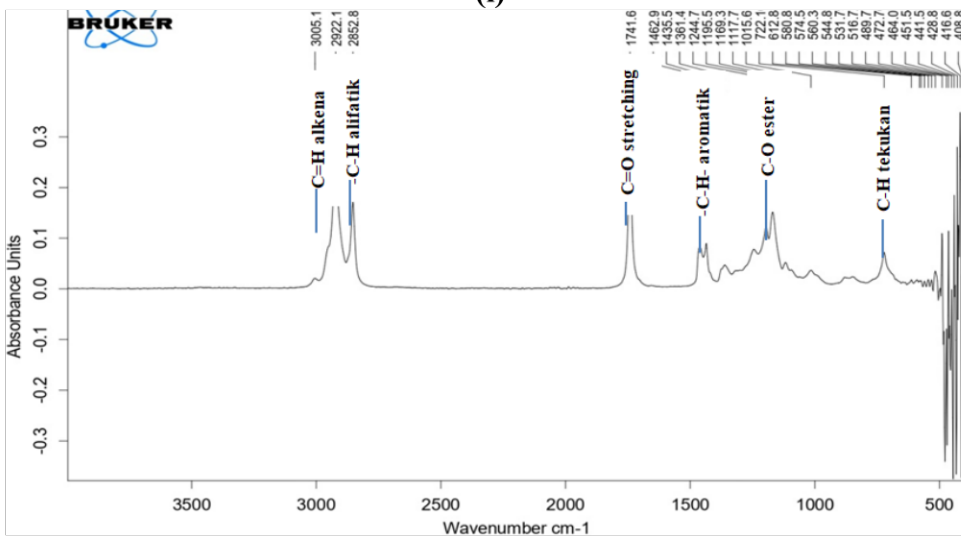
(g)



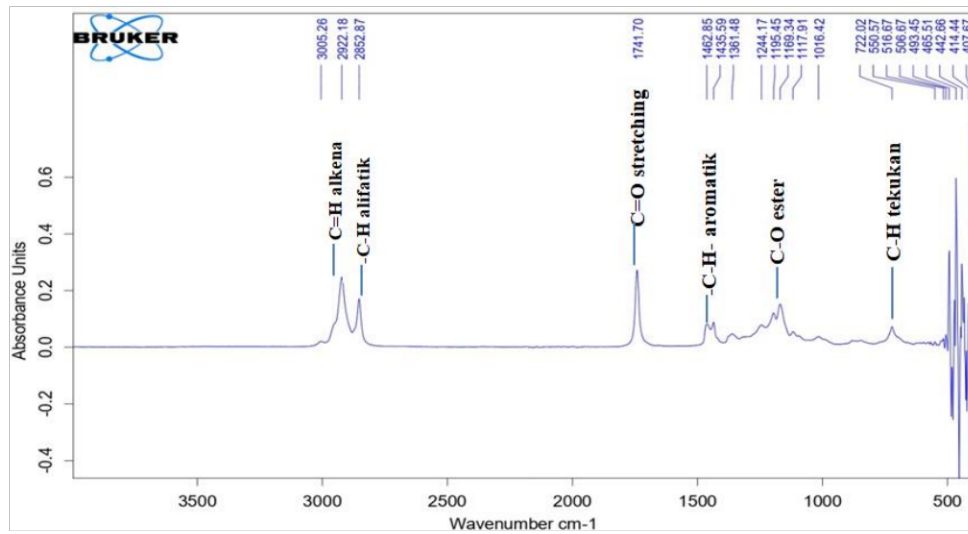
(h)



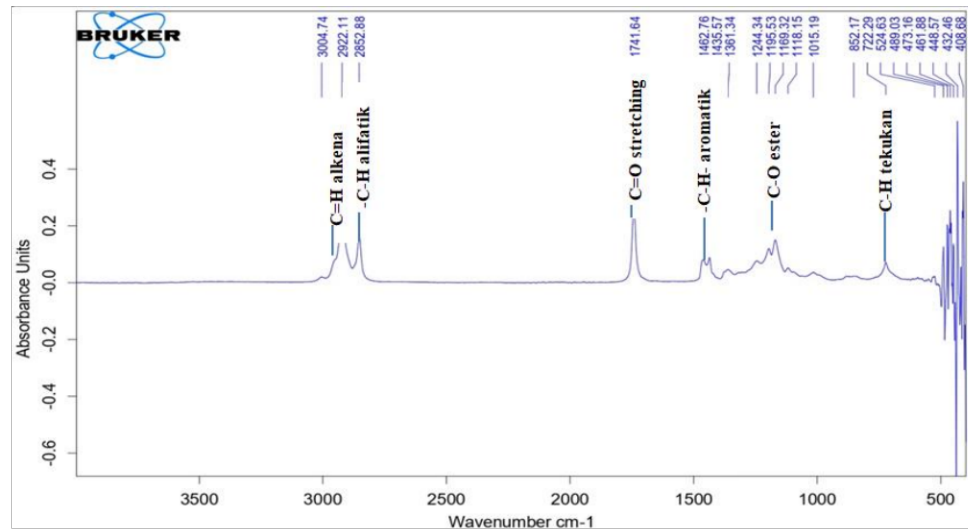
(i)



(j)



(k)



(l)

**Gambar 4. 13** Hasil Analisis Gugus Fungsi Pada Biodiesel (a) Biodiesel Sampel A11, (b) Biodiesel Sampel A12, (c) Biodiesel Sampel A21, (d) Biodiesel Sampel A21, (e) Biodiesel Sampel B11, (f) Biodiesel Sampel B12, (g) Biodiesel Sampel B21, (h) Biodiesel Sampel B22, (i) Biodiesel Sampel C11, (j) Biodiesel Sampel C12, (k) Biodiesel Sampel C21, (l) Biodiesel Sampel C22.

Hasil analisis gugus fungsi semua sampel biodiesel terdapat pada range panjang gelombang  $3000 - 3100 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi C – H vinyl/alkena (Astam dkk., 2019), range panjang gelombang  $2850 - 2950 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi –C–H alifatik (Aksara dkk., 2013), range

panjang gelombang 1720 – 1740  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi C=O *stretching(carbonil) ester* (Astam dkk., 2019), range panjang gelombang 1300 – 1475  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi –C–H aromatik tekukan (Aksara dkk., 2013), range panjang gelombang 1150 – 1250  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi C–O ester (Astam dkk., 2019), dan range panjang gelombang 650 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus fungsi C–H tekukan (Aksara dkk., 2013).

Hasil analisis gugus fungsi C – H vinyl/alkena pada panjang gelombang 3000 – 3100  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi –C–H alifatik ditunjukkan pada panjang gelombang 2850 – 2950  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C=O *stretching(carbonil) ester* pada panjang gelombang 1720 – 1740  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), gugus fungsi -C-H aromatik tekukan pada panjang gelombang 1300 – 1475  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013), gugus fungsi C-O *ester* pada panjang gelombang 1150 – 1250  $\text{cm}^{-1}$  (Astam dkk., 2019), dan gugus fungsi C – H tekukan pada panjang gelombang 650 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  (Aksara dkk., 2013) terdapat pada sampel A11, A12, A21, A22, B11, B12, B21, B22, C11, C12, C21 dan C22. Rangkuman dari gugus fungsi sampel minyak jelantah dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3, dan 4.4.

**Tabel 4. 3** Gugus Fungsi Biodiesel dari Minyak Jelantah Tanpa Pemurnian

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )				
		Rentang	A11	A12	A21	A22
1.	C-H gugus vinyl/alkena	3000-3100 Astam dkk., (2019)	3005.06	3004.54	3005.27	3005.07
2.	-C-H gugus alifatik	2850-2950 Aksara dkk., (2013)	2922.29 ; 2852.90	2922.20 ; 2852.96	2922.22 ; 2852.90	2922.15 ; 2852.83
3.	C=O <i>stretching(carbonil) ester</i>	1720-1740 Astam dkk., (2019)	1741.69	1741.70	1741.70	1741.67
4.	-C-H aromatik tekukan	1300 – 1475 Aksara dkk., (2013)	1462.78 ; 1435.58 ; 1361.51	1462.70 ; 1435.55 ; 1361.17	1462.86 ; 1435.57 ; 1361.40	1462.78 ; 1435.56 ; 1361.00
5.	C-O <i>ester</i>	1150 – 1250 Astam dkk., (2019)	1244.57 ; 1195.49 ; 1169.30 ; 1117.79	1244.20 ; 1195.60 ; 1169.36 ; 1117.56	1244.87 ; 1195.48 ; 1169.31 ; 1117.78	1244.18 ; 1195.41 ; 1169.46 ; 1118.04

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )				
		Rentang	A11	A12	A21	A22
6.	C – H tekukan	650 – 1000 Aksara dkk., ( 2013)	1016.17 ; 867.23 ; 722.40	1014.87 ; 850.88 ; 722.27	1015.59 ; 880.15 ; 866.90; 722.20	1015.52 ; 855.59 ; 722.06

**Tabel 4. 4** Gugus Fungsi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Pemurnian Menggunakan Proses Degumming

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )				
		Rentang	B11	B12	B21	B22
1.	C-H gugus vinyl/alkena	3000-3100 Astam dkk., (2019)	3006.22	3005.41	3006.23	3004.42
2.	-C-H gugus alifatik	2850-2950 Aksara dkk., (2013)	2922.18 ; 2852.87	2922.13 ; 2852.92	2922.06 ; 2852.82	2922.19 ; 2852.88
3.	C=O <i>stretching(carbonil) ester</i>	1720-1740 Astam dkk., (2019)	1741.71	1741.68	1741.69	1741.72
4.	-C=O gugus ulur	1500-1675 Aksara dkk., (2013)	1462.80 ; 1435.55 ; 1361.05	1462.65 ; 1435.56 ; 1360.95	1463.06 ; 1435.66 ; 1361.56	1462.73 ; 1435.60 ; 1360.87
5.	C-O <i>ester</i>	1150 – 1250 Astam dkk., (2019)	1244.49 ; 1195.62 ; 1169.23 ; 1117.93	1244.56 ; 1195.47 ; 1169.28 ; 1118.38	1244.35 ; 1195.34 ; 1169.19 ; 1117.72	1244.43 ; 1195.59 ; 1169.34 ; 1118.10
6.	C – H tekukan	650 – 1000 Aksara dkk., ( 2013)	1015.61 ; 879.88; 722.30	1014.17 ; 880.03; 722.42	1015.02 ; 880.25; 722.07	1016.75 ; 880.04; 722.28

**Tabel 4. 5** Gugus Fungsi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Pemurnian Menggunakan Bioadsorben CaO.

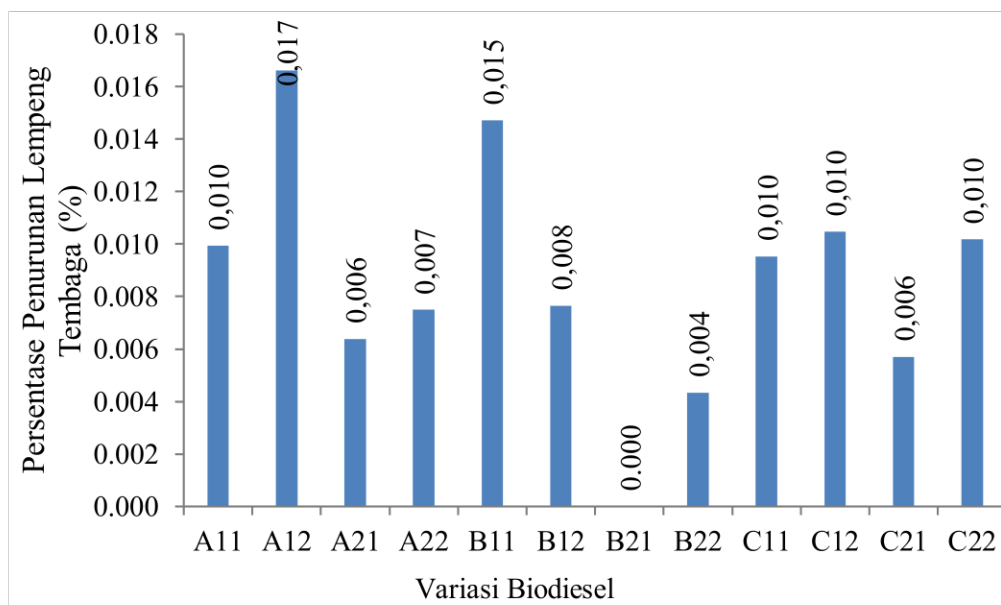
No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )				
		Rentang	C11	C12	C21	C22
1.	C-H gugus vinyl/alkena	3000-3100 Astam dkk., (2019)	3005.54	3005.13	3005.26	3004.74
2.	-C-H gugus alifatik	2850-2950 Aksara dkk., (2013)	2922.21 ; 2852.89	2922.19 ; 2852.87	2922.18 ; 2852.87	2922.11 ; 2852.88
3.	C=O <i>stretching(c</i>	1720-1740 (Astam et al.,	1741.68	1741.69	1741.70	1741.64

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )				
		Rentang	C11	C12	C21	C22
	<i>arbonil ester</i>	2019)				
4.	-C-H aromatik tekukan	1300 – 1475 Aksara dkk., ( 2013)	1462.79 ; 1361.53	1462.90 ; 1361.48	1462.85 ; 1361.48	1462.76 ; 1435.57; 1361.48
5.	C-O ester	1150 – 1250 Astam dkk., (2019)	1244.27 ; 1195.50 ; 1169.31 ; 1117.82	1244.72 ; 1195.52 ; 1169.38 ; 1117.78	1244.17 ; 1195.45 ; 1169.34 ; 1117.91	1244.34 ; 1195.53 ; 1169.32 ; 1118.15
6.	C – H tekukan	650 – 1000 Aksara dkk., ( 2013)	1016.06 ; 722.17	1015.68 ; 722.16	1016.42 ; 722.02	1015.19 ; 852.17; 722.29

#### 4.2.7 Analisis Laju Korosi Lempeng Tembaga

Analisis laju korosi lempeng tembaga dilakukan dengan metode perendaman selama tujuh hari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi lempeng tembaga di dalam biodiesel tersebut.

Adapun penurunan berat lempeng tembaga pada masa perendaman selama tujuh hari dapat dilihat pada gambar 4.14.



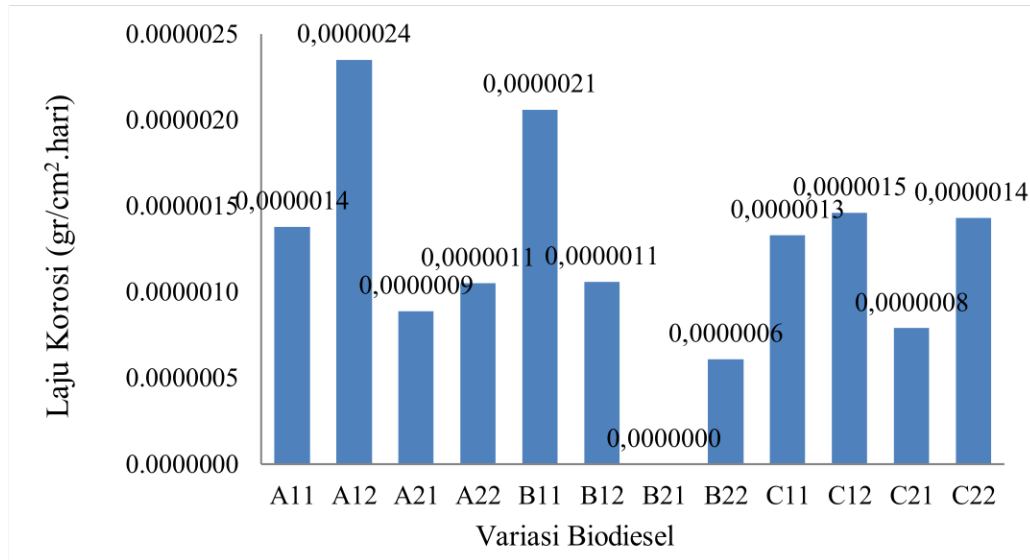
**Gambar 4. 14** Penurunan Lempeng Tembaga Biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.14 dapat diketahui bahwa penurunan tertinggi didapatkan pada sampel A12. Sedangkan, penurunan terendah didapatkan pada



sampel B21. Semakin kecil penurunan berat lempeng tembaga, maka kualitas sampel biodiesel semakin bagus karena sedikitnya lempeng tembaga yang terkorosi.

Adapun hasil analisis laju korosi pada lempeng tembaga dengan sampel biodiesel dapat dilihat pada gambar 4.15.



**Gambar 4. 15** Laju Korosi Lempeng Tembaga.

Berdasarkan gambar 4.15 dapat diketahui bahwa laju korosi biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A12 sebesar 0,0000024 gr/cm<sup>2</sup>.hari. Sedangkan, laju korosi biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah tanpa pemurnian didapatkan pada sampel A21 sebesar 0,0000009 gr/cm<sup>2</sup>.hari.

Laju korosi biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B11 sebesar 0,0000021 gr/cm<sup>2</sup>.hari. Sedangkan, laju korosi biodiesel terendah pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel B21 sebesar 0 gr/cm<sup>2</sup>.hari

Laju korosi biodiesel tertinggi pada bahan baku minyak jelantah dengan pemurnian bioadsorben cangkang telur didapatkan pada sampel C12 sebesar 0,0000015 gr/cm<sup>2</sup>.hari. Sedangkan, laju korosi biodiesel terendah pada bahan

baku minyak jelantah dengan pemurnian proses degumming didapatkan pada sampel C21 sebesar 0,0000008 gr/cm<sup>2</sup>.hari

Dari hasil tersebut untuk biodiesel seluruh variasi didapatkan laju korosi biodiesel tertinggi terdapat pada sampel A12 yaitu sebesar 0,0000024 gr/cm<sup>2</sup>.hari. Kadar air biodiesel terendah terdapat pada sampel B21 yaitu 0 gr/cm<sup>2</sup>.hari. Biodiesel memiliki kandungan asam lemak tak jenuh dengan lebih banyak ikatan rangkap karbon dan lebih sedikit hidrogen sehingga lebih rentan terhadap oksidasi. Oksidasi biodiesel dapat menurunkan kualitas bahan bakar akibat terbentuknya produk oksidasi seperti alkohol, aldehid, asam karboksilat rantai pendek, dan sedimen. Akibat dari oksidasi tersebut bersifat korosif terhadap mesin (Setiawan dkk., 2017).